

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2003 年 5 月 22 日 (22.05.2003)

PCT

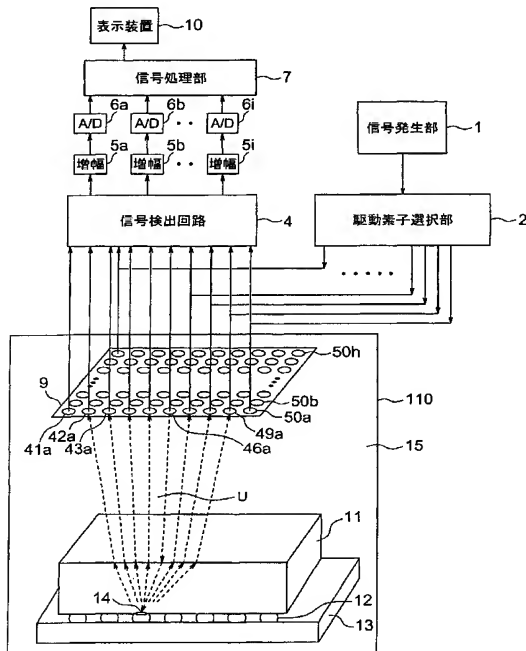
(10) 国際公開番号  
**WO 03/042686 A1**

- (51) 国際特許分類: **G01N 29/24** (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒105-8001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/11868
- (22) 国際出願日: 2002 年 11 月 14 日 (14.11.2002) (72) 発明者; および
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 唐沢 博一 (KARASAWA, Hirokazu) [JP/JP]; 〒241-0836 神奈川県横浜市旭区万騎が原 19-4 Kanagawa (JP). 中本 正幸 (NAKAMOTO, Masayuki) [JP/JP]; 〒253-0000 神奈川県茅ヶ崎市松浦 2 丁目 2-2 Kanagawa (JP). 落合 誠 (OCHIAI, Makoto) [JP/JP]; 〒235-0022 神奈川県横浜市磯子区汐見台 3 丁目 7-3 704 Kanagawa (JP). 福田 勝義 (FUKUDA, Katsuyoshi) [JP/JP]; 〒239-0813 神奈川県横須賀市鴨居 2 丁目 5 1-1 5 Kanagawa (JP). 平澤 泰治 (HIRASAWA, Taiji) [JP/JP]; 〒244-0003 神奈
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2001-348282 2001 年 11 月 14 日 (14.11.2001) JP  
特願 2002-209784 2002 年 7 月 18 日 (18.07.2002) JP  
特願 2002-265637 2002 年 9 月 11 日 (11.09.2002) JP

[続葉有]

(54) Title: ULTRASONOGRAPH, ULTRASONIC TRANSDUCER, EXAMINING INSTRUMENT, AND ULTRASONOGRAPHING DEVICE

(54) 発明の名称: 超音波検査装置、超音波トランスデューサ、検査装置、超音波画像化装置



(57) Abstract: An ultrasonograph for carrying out examination simply and quickly while achieving high resolution and high-speed processing, an ultrasonic transducer, an examining instrument, and ultrasonographing device the subject matter are disclosed. Piezoelectric layers constituting an ultrasonic transducer are made of barium titanate ( $\text{BaTiO}_3$ ) or lead titanate zirconate (PZT) is used and the thickness of each piezoelectric layer is 0.1 to 100  $\mu\text{m}$ . The ultrasonograph comprises a drive unit for driving one of the piezoelectric layers, a sensing unit for sensing electric signals generated by piezoelectric layers receiving echos from the object subjected to ultrasonic wave transmitted by the driven piezoelectric layer, and a processing unit for visualizing the state of the subjected object by processing the sensed electric signal.

10...DISPLAY  
7...SIGNAL PROCESSING UNIT  
5a...AMPLIFICATION  
5b...AMPLIFICATION  
5i...AMPLIFICATION  
4...SIGNAL SENSING CIRCUIT  
1...SIGNAL GENERATING UNIT  
2... TO-BE-DRIVEN DEVICE SELECTING UNIT

[続葉有]



WO 03/042686 A1



川 県 横 浜 市 戸 塚 区 戸 塚 町 4 6 0 0 - 2 2 Kanagawa  
(JP). 池 田 賢 弘 (IKEDA, Takahiro) [JP/JP]; 〒238-0043  
神 奈 川 県 横 須 賀 市 坂 本 町 1 丁 目 6-23-1412 Kanagawa  
(JP).

(74) 代理人: 須 山 佐 一 (SUYAMA, Saichi); 〒101-0046 東  
京 都 千 代 田 区 神 田 多 町 2 丁 目 1 番 地 神 田 東 山 ビ ル  
Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, KR, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY,  
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL,  
PT, SE, SK, TR).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

手軽で、手早く検査ができ、高解像度化または高速処理化が可能な超音波検査装置、超音波トランスデューサ、検査装置、超音波画像化装置を提供する。超音波トランスデューサを構成する圧電体にチタン酸バリウム ( $\text{BaTiO}_3$ ) またはジルコン酸チタン酸鉛 (PZT) を用い、厚さを  $0.1\mu\text{m}$  ないし  $100\mu\text{m}$  とする。圧電体層のうち任意のものを駆動可能な駆動部と、駆動された圧電体層が発する超音波による照射対象からのエコーにより複数の圧電体層が発生する電気信号を検出する検出部と、検出された電気信号から照射対象の状態を可視化する処理を行なう処理部とを具備する。

## 明 細 書

超音波検査装置、超音波トランスデューサ、検査装置、超音波画像化装置

5

## 技術分野

本発明は、超音波を用いて半導体チップや金属、セラミック部品、樹脂等の内部欠陥や剥れなどの異常を検査する超音波検査装置、およびそのための超音波トランスデューサ、検査装置、超音波画像化装置に係り、  
10 特に、手軽で手早く、より精密にまたはより高速に異常を検査するのに適する超音波検査装置、超音波トランスデューサ、検査装置、超音波画像化装置に関する。

## 背景技術

15 超音波による半導体チップ（集積回路：I C）等の微細内部構造物の検査は、半導体チップの機能面と配線基板とを接合する半田やそれらの間隙に充填された充填材の接合状態を検査する等の目的で行われる。

このような検査のやり方の一つとして、単眼の超音波トランスデューサを水中で機械走査しながらトランスデューサから水を介して超音波を  
20 検査対象に照射し、検査対象を伝搬してエコーとなって帰還する超音波を上記トランスデューサで捉え、これにより得られる信号を処理して検査対象の状態を判別するものがある。

このような検査方法で現在問題となりつつあるのは、水浸での機械走査に手間と時間がかかり、半導体チップ等の場合は検査後にチップが使用できないこと、さらに、検査対象となる半導体チップの接続端子がますます狭面積、狭ピッチとなり、現状の検査精度では異常判別能力が不  
25

足する可能性があることである。

上記のような超音波トランスデューサは、その主要部を酸化亜鉛、酸化すずなどの圧電材料を膜化して製造し得るが、検出感度確保の意味である程度の膜厚が必要である。しかし、実用上、膜厚を厚く確保すると発生させる超音波の周波数の上限が限られてしまう。周波数は、ほとんど検出解像度と連動しており、したがって、異常判別能力の不足につながる。

圧電材料として変換感度の高いものを選択すれば膜厚をより薄くてもよく、したがって、駆動周波数を高くして高解像度化が可能であることは理解されるが、ばらつきなく形成することには一般的に難がある。

また、超音波画像化装置として単眼超音波センサを有するものでは、例えば水浸法を用いて超音波を垂直方向に送信し、正面に反射体があることを前提として特定の焦点深度の画像化を行なう。この場合、表面が曲面形状の検査対象の内部を画像化する場合には対応できず、例えば焦点がばらけてしまい高精度な画像化ができないという不都合がある。

また、マトリクス状または一列に配置した多数の圧電変換部から構成される超音波トランスデューサを有する超音波画像化装置では、高精度化には一応対応できるものの、検査対象が、複数の異なる音響特性を有した層構造や表面が曲面形状である場合の内部の欠陥、ボイド、剥がれなどを検査し可視化する際の処理の膨大さが問題となる。このような処理には、マトリックス状に配置された圧電変換部間で送受信される多数の超音波伝播の屈折計算を2次元的または3次元的に行なうことが必要となり、膨大な処理時間が発生する。

そこで、処理時間を縮減するには、例えば、検査対象の層構造や表面形状を特定することができる場合には、マトリクス状または一列に配置した多数の圧電変換部間で送受信される超音波信号の伝播時間を屈折な

どの伝播経路に応じて事前に計算しテーブル化して格納しておくことを利用できる。これにより屈折計算を一々する必要はなくなる。しかしながら、この場合においても、なお、圧電変換部が多数あることにより、十分な高速化は達成しない。

- 5      また、水浸法での超音波検査においては、圧電変換素子（超音波の発生器およびセンサ）および被検体を水等の液体中に浸漬し、圧電変換素子を機械的に走査しながら超音波を送受信することにより、被検体の内部の可視化がなされる（下記文献参照）。

- 10      小倉、「半導体パッケージの非破壊検査の現状」、非破壊検査、社団法人日本非破壊検査協会、平成13年5月、第50巻、第5号、P. 291-292

- 15      しかしながら、水浸法では圧電変換素子が液体中に浸漬されることから、圧電変換素子内に液体が侵入してその耐久性が低下し易くなる。また、密閉容器の内部に配置された被検体の内部検査を外部から行なうことが困難であった。

#### 発明の開示

- 20      本発明は、上記した状況を考慮してなされたもので、超音波を用いて半導体チップや複合材等の内部の接続部分などの剥離や金属の内部欠陥等の異常を検査する超音波検査装置、およびそのための超音波トランスデューサ、検査装置、超音波画像化装置において、手軽に手早く検査でき、より高解像度化またはより高速処理化が可能な超音波検査装置、超音波トランスデューサ、検査装置、超音波画像化装置を提供することを目的とする。

- 25      上記の課題を解決するため、本発明に係る超音波検査装置は、基板と、前記基板上に形成された共通電極と、前記共通電極上にマトリクス状に

独立して複数形成された圧電体層と、前記圧電体層上にそれぞれ形成された複数の上部電極とを有する超音波トランスデューサと、前記上部電極に接続され、前記上部電極から前記圧電体層のうち任意のものを駆動可能な駆動部と、前記上部電極に接続され、前記駆動された圧電体層が  
5 発する超音波による照射対象からのエコーにより前記複数の圧電体層が発生する電気信号を前記複数の上部電極から検出する検出部と、前記検出された電気信号から前記照射対象の状態を可視化する処理を行なう処理部とを具備し、前記超音波トランスデューサの前記圧電体層は、チタン酸バリウム ( $\text{BaTiO}_3$ ) またはジルコン酸チタン酸鉛 (PZT)  
10 を有し、かつ、厚さが  $0.1 \mu\text{m}$  ないし  $100 \mu\text{m}$  であることを特徴とする。

すなわち、圧電体層膜の材料として、チタン酸バリウムあるいはジルコン酸チタン酸鉛を用いる。これらの材料は、酸化亜鉛と比較して、電気機械結合係数が大きく、電気的なエネルギーと機械的な振動エネルギーとの間の変換効率が高いため、超音波の発生・検出に適している。さら  
15 に、酸化亜鉛と比較して、誘電率が大きいために、これを例えばパルス駆動する際に、パルス電源との電氣的整合性にも優れている。

膜厚としては、上記変換効率の高さを活用して、 $0.1 \mu\text{m}$  ないし  $100 \mu\text{m}$  に形成する。これにより、圧電体層が発生する超音波の周波数は例えば  $20 \text{MHz}$  程度まで高めることが可能になり、十分な高解像度  
20 が達成できる。膜厚は、より実用的には  $0.5 \mu\text{m}$  ないし  $30 \mu\text{m}$  程度に形成すると好ましい。

なお、圧電材料として、チタン酸バリウムを使用する場合には、キュリー温度がジルコン酸チタン酸鉛と比較して若干低い (約  $130^\circ\text{C}$ ) ため、格子定数の不整合歪みを利用して人為的にキュリー温度を上昇させて使用するとより好ましい。  
25

また、チタン酸バリウム、ジルコン酸チタン酸鉛の圧電体層を形成するための堆積方法としては、スパッタリング法などの物理蒸着法、ゾルゲル法などの溶液塗布法、MOCVD (metal organic chemical vapor deposition) などの化学蒸着法などを用いることができる。

- 5 これらの圧電体の膜は、多結晶膜でもエピタキシャル成長による膜でもよいが、エピタキシャル成長などを用いて結晶の方位をそろえた方がより高い圧電変換特性が得られより好ましい。また、別の方法として、圧電体膜を上記所定の厚さに薄膜化してあらかじめ形成することもでき、それには研磨や切削加工の方法を用いることができる。この場合には、
- 10 研磨などで薄膜化した圧電体を所定の方法（後述）で共通電極上に接着することができる。

- また、共通電極、上部電極の材料としては、Pt、Irなどの貴金属、あるいは、 $\text{SrRuO}_3$ などの導電性酸化物の膜などを挙げることができる。 $\text{SrRuO}_3$ などの導電性酸化物は、貴金属類と比較して電気抵抗が若干高いという欠点がある一方、上記のような圧電体の膜との界面の整合性がよく、機械的にも剥がれにくいという特徴がある。電極の形成には例えばスパッタリングを用いることができる。
- 15

- また、圧電体の薄膜形成技術を用いて、マトリクス状に複数の圧電素子を作製する方法としては、例えばスパッタリング成膜の際にマスクを用いて所望の領域のみに圧電体膜を堆積してもよいし、または、全面に膜を堆積した後、化学エッチングなどの方法で不要な部分の膜を除去してもよい。一般に、化学エッチングを用いる方法の方が、より微細で寸法精度の高い加工が可能であるのでより好ましい。
- 20

- また、本発明に係る超音波トランスデューサは、基板と、前記基板上に形成された半導体集積回路と、前記基板の裏面側に形成された共通電極と、前記共通電極上にマトリクス状に独立して複数形成された圧電体
- 25

層と、前記圧電体層上にそれぞれ形成された複数の上部電極とを具備し、前記圧電体層は、チタン酸バリウムまたはジルコン酸チタン酸鉛を有し、かつ、厚さが $0.1\mu\text{m}$ ないし $100\mu\text{m}$ であることを特徴とする。

この超音波トランスデューサは、上記の超音波検査装置における超音波トランスデューサの構成を、機能面に集積回路が形成された半導体チップの裏面に形成するものである。超音波トランスデューサとしては、ほぼ上記の説明が当てはまる。なお、圧電体の面積を例えば $500\mu\text{m} \times 500\mu\text{m}$ 程度以下に設定すれば、異常探知すべき端子の狭小化に十分対応することができる。

また、本発明に係る検査装置は、針状構造を有する複数の接触端子と、前記接触端子に接続され、前記接触端子のうち任意のものから駆動電圧を発生させるための駆動部と、前記接触端子に接続され、前記発生させられた駆動電圧を原因として検査対象から前記接触端子に返信される電気信号を前記複数の接触端子から検出する検出部と、前記検出された電気信号と前記任意の接触端子の位置とから前記検査対象の状態を可視化する処理を行なう処理部とを具備することを特徴とする。

この検査装置は、上記の超音波トランスデューサと組み合わせて超音波検査を行ない得るものである。超音波トランスデューサの上部電極と検査装置との信号のやり取りは、針状構造を有する接触端子によりなされる。したがって、このような組み合わせにより、超音波検査は、上記説明と同様に十分高解像度化が達成できる。

なお、接触端子には、例えば、先鋭な電界放出型冷陰極、より好ましくは転写モールド法冷陰極を用いることができる。これらの電極により、狭面積の上部電極との十分な電氣的接触状態が実現できる。上記の超音波トランスデューサと組み合わせる場合には、超音波検査装置の接触端子は、超音波トランスデューサの上部電極にそれぞれ対応して設けられ



るようにする。

- さらに、本発明に係る超音波検査装置は、一面を有する共通電極と、前記共通電極の一面上に形成された圧電体層と、前記圧電体層上に形成された上部電極とを有する超音波トランスデューサと、前記上部電極に
- 5 接続され、前記上部電極から前記圧電体層を駆動可能な駆動部と、前記上部電極に接続され、前記駆動された圧電体層が発する超音波による照射対象からのエコーにより前記圧電体層が発生する電気信号を前記上部電極から検出する検出部と、前記超音波トランスデューサを前記照射対象と相対的に走査移動する走査移動機構と、前記検出された電気信号と
- 10 前記走査移動された超音波トランスデューサの位置とから前記照射対象の状態を可視化する処理を行なう処理部とを具備し、前記超音波トランスデューサの前記圧電体層は、チタン酸バリウムまたはジルコン酸チタン酸鉛を有し、かつ、厚さが $0.1\mu\text{m}$ ないし $100\mu\text{m}$ であることを特徴とする。
- 15 この超音波検査装置は、超音波トランスデューサとしてマトリクス状の圧電体層を形成したものをを用いることなく、超音波トランスデューサ自体の機械的走査を行なうことによって照射対象の状態を探知する。超音波トランスデューサの圧電体層についての特徴部分は、ほぼすでに説明した通りである。
- 20 また、本発明に係る超音波検査装置は、レーザー光を間欠的にまたは強度変調して発生するレーザー光源と、前記発生されたレーザー光をスポット状にして照射対象に照射する照射光学系と、前記照射光学系を前記照射対象と相対的に走査移動する走査移動機構と、前記照射されたレーザー光により発生された前記照射対象中の超音波のエコーによる前記
- 25 照射対象表面での振動変位を、レーザー光を用いる変位測定方法により非接触で検出し電気信号に変換する振動変位検出部と、前記変換された

電気信号と前記走査移動された照射光学系の位置とから前記照射対象の状態を可視化する処理を行なう処理部とを具備することを特徴とする。

この超音波検査装置は、間欠的にまたは強度変調して発生されたレーザー光をスポット状にして照射対象に照射することにより高解像度化を図る。スポット状にすることにより照射対象上の正確な位置に極めて小面積の超音波発生源を作ることができる。したがって、そのエコーを捉えることにより高解像な探知が可能になる。

- また、本発明に係る超音波画像化装置は、マトリクス状または一列状にそれぞれ配置された複数の圧電変換部を有する超音波トランスデューサと、前記複数の圧電変換部に接続され、前記複数の圧電変換部のうち任意のひとつを駆動可能な駆動素子選択部と、前記複数の圧電変換部に接続され、前記駆動された圧電変換部が発する超音波による、音響伝播媒体を介しての検査対象からの反射エコーを受信することにより前記複数の圧電変換部が発生する電気信号を並列的に検出する信号検出回路と、
- 前記並列的に検出された電気信号から前記検査対象の状態を画像化する処理を並列演算を用いて行なう信号処理部と、前記処理され画像化された結果を表示する表示装置とを具備し、前記信号処理部は、前記検査対象において画像化すべき領域をメッシュ化し前記メッシュ化された領域それぞれについて前記駆動された圧電変換部から前記複数の圧電変換部のうちのひとつへの超音波伝播時間を、前記駆動された圧電変換部と前記複数の圧電変換部のうちのひとつとの組み合わせごとに格納する格納手段と、前記格納された超音波伝播時間を用い、前記並列的に検出された電気信号のうちのひとつの時間方向データから、前記メッシュ化された領域それぞれについて反射強度を確定する処理を、前記並列的に検出された電気信号おのこのについて互いに並列的に行なう複数の処理手段と、前記並列に処理され確定された反射強度を前記メッシュ化され

た領域ごとに加算する加算手段とを有することを特徴とする。

- すなわち、本発明に係る超音波画像化装置は、マトリクス状または一列状にそれぞれ配置された複数の圧電変換部を有する超音波トランスデューサを超音波の発生・検出に用いることを前提とするものである。複数の圧電変換部のうち任意のものを駆動し、検査対象からの反射エコーを複数の圧電変換部で検知して電気信号に変換し、変換された電気信号を信号検出回路で並列的に検出し、さらに信号処理部で並列演算して画像化処理を行なう。

- 並列演算においては、上記の格納手段、複数の処理手段、加算手段が用いられる。格納手段は、検査対象において画像化すべき領域をメッシュ化しこのメッシュ化された領域それぞれについて、駆動された圧電変換部から複数の圧電変換部のうちのひとつへの超音波伝播時間を、駆動された圧電変換部と複数の圧電変換部のうちの前記ひとつとの組み合わせごとに格納している。

- 複数の処理手段は、この格納された超音波伝播時間を用い、並列的に検出された電気信号のうちのひとつの時間方向データから、メッシュ化された領域それぞれについて反射強度を確定する処理を、並列的に検出された電気信号おのこのについて互いに並列的に行なう。このような並列的処理により高速な処理が可能になる。処理された結果は、加算手段によりメッシュ化された領域ごとに加算される。これにより画像化データを得ることができる。

- なお、格納手段、複数の処理手段、および加算手段は、例えば、専用または汎用の計算機をハードウェアとして用い、このハードウェアと、このハードウェア上で動作する基本ソフトウェアおよび応用ソフトウェアとにより構成することができる。

また、本発明に係る超音波検査装置は、複数の圧電変換素子を有する

圧電変換部と、前記圧電変換部と音響的に接続された平板状の固体音響伝搬媒体と、前記圧電変換部から圧電変換素子を選択して超音波を発生させる駆動部と、前記駆動部によって選択された圧電変換素子から送信された超音波の一部が液体音響媒体中の被検体から反射されてなる反射

5 超音波に基づき、前記圧電変換部の圧電変換素子から発生した電気信号を検出する検出部と、前記検出部で検出された電気信号に基づき、前記被検体の内部状態を表す画像を生成する画像生成部と、前記画像生成部で生成された画像を表示する表示部と、を具備することを特徴とする。

複数配置された圧電変換素子を電子的に選択して送受信することにより、機械走査せずに可視化を行うことができる。また、内部に被検体を収容し、かつ液体音響媒体を蓄積する容器に対して、固体音響伝搬媒体を貫通させるか、あるいはその外面に音響的に接続することにより、圧電変換素子を容器外に配置したままで容器内の被検体の外形及び内部構造の可視化を行うことができる。

15 ここで、「音響的に接続」とは、異なる音響媒体同士での音響の伝達が可能なる状態をいう。なお、音響媒体の間にカップラントを挟むことで、異なる音響媒体間での音響の伝達特性をより向上することができる。

#### 図面の簡単な説明

20 図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る超音波検査装置の構成を説明する構成図である。

図 2 は、図 1 中に示した圧電変換部 4 1 a 等の断面構造を示す図である。

図 3 は、本発明の第 2 の実施形態に係る超音波検査装置の構成を説明

25 する構成図である。

図 4 は、本発明の第 3 の実施形態に係る超音波検査装置の構成を説明

する構成図である。

図 5 は、本発明の第 4 の実施形態に係る超音波検査装置の構成を説明する構成図である。

図 6 は、本発明の第 5 の実施形態に係る超音波検査装置の構成を説明する構成図である。

図 7 は、本発明の第 6 の実施形態に係る超音波画像化装置によって超音波検査を行なう構成例を説明する図である。

図 8 は、図 7 中に示した信号処理部 270 内の構成をさらに詳細に示す図である。

図 9 は、図 8 中に示した各並列プロセッサ 207a、207b、…、207i 内で行なわれる処理を説明する説明図である。

図 10 は、図 8 中に示した各並列プロセッサ 207a、207b、…、207i 内で行なわれる処理の別の例を説明する説明図である。

図 11 は、本発明の第 7 の実施形態に係る超音波検査装置を表す模式図である。

図 12 は、本発明の第 8 の実施形態に係る超音波検査装置を表す模式図である。

発明を実施するための最良の形態

本発明の実施形態によれば、超音波トランスデューサの構造的、材料的特徴から、手軽で手早く、解像度の高い超音波非破壊検査が実現できる。また、本発明の実施形態によれば、検査対象の表面に極めて小面積の超音波発生源を作ることができるので超音波検査の高解像度化が実現できる。

本発明の実施態様として、超音波検査装置は、液体を収容可能な容器であって、前記収容された液体中に前記超音波トランスデューサと前記

照射対象とを浸漬し得る前記容器をさらに具備する。超音波の伝搬特性が気体より優れる例えば水を音響媒質として用いるものである。

- また、本発明の実施態様として、超音波検査装置の前記処理部は、音響媒質と前記照射対象との界面で生じる超音波の屈折を計算することにより前記照射対象内での超音波経路を特定する。音響媒質が照射対象（検査対象）と異なる物質である場合に対応するものである。

- また、本発明の実施態様として、超音波検査装置は、前記超音波トランスデューサの前記基板の裏面に設けられ、前記照射対象との間に挟持され得るカップラントをさらに具備する。これにより、基板と照射対象を水浸する必要がなくなり効率的かつ簡便に超音波を照射することができる。その際カップラントにより照射対象や基板を汚したり傷を発生させることがなく、かつ、照射対象からカップラントを容易に取り除くことができる。また、基板を照射対象と同質の材料（例えばシリコン、エポキシ、セラミック、金属等）とすれば、トランスデューサと照射対象との間での屈折の影響が小さく信号処理も簡単になる。

- カップラントには、水やアルコール等の液体、水やアルコールを浸した繊維状のメッシュ材料、柔軟性のある有機材料、セラミック、金属材料などを用いることができる。カップラントの厚さは、検査に用いる超音波の波長より十分薄いものを用いると検査に与える影響が小さく好ましい。

- また、本発明の実施態様として、超音波トランスデューサの前記共通電極は、前記形成された圧電体層との界面に界面化合物層を有する。この界面化合物層は、共通電極と圧電体層との接着層として機能する。圧電体を研磨や切削加工で薄膜化してあらかじめ形成した場合には、後工程で共通電極との安定な接着を必要とする。このため界面化合物層を利用するものである。

界面化合物層を形成するには、静電接着法を用い、静電接着層としては、例えば、ガラス（好ましくは可動性イオンを有するガラス）、水ガラス、 $\text{SiO}_2$ 、Al、Ta、Ti、Ni、Si、Mo、Cr、Ge、Ga、As、コバルト、Fe、Mg、ベリリウムなどを用いることができる。その層の厚さは1ないし100原子層の厚さにすると好ましい。これは100原子層を超えると接着性が飽和するからである。

また、接着の際に、圧電体の表面粗さは、その厚さ（ $0.1\mu\text{m}$ ないし $100\mu\text{m}$ 、さらに好ましくは $0.5\mu\text{m}$ ないし $30\mu\text{m}$ ）の1%以下に設定し、さらには、界面化合物層となる接着層の表面粗さも同様に設定すると密着性が向上し安定な接着に至るので好ましい。

さらに、静電接着法を用いず、基板（共通電極）と分極処理した圧電体層とを、分極に起因する静電引力で接着させてもよく、これにより共通電極との平坦な接着状態が容易に得られる。この場合、圧電体層上に、スパッタリング法で形成した金属層を形成すると、さらに密着性が高まる。また、圧電体を共通電極と接着させたあとでも、圧電体を分極状態に後処理することで、圧電体上に上部電極を安定に形成することができる利点がある。さらに、これにより圧電体層のうねりや界面化合物層の厚さ不均一に起因する感度や解像度の低下も防止できる。

また、本発明の実施形態によれば、並列的处理により高速な処理が可能になる。

本発明の実施態様として、超音波画像化装置の前記信号処理部は、前記格納手段に代えて、前記検査対象において画像化すべき領域をメッシュ化し前記メッシュ化された領域それぞれについて、ある圧電変換部からの送側超音波伝播時間とある圧電変換部への受側超音波伝播時間とを一般化して共通に格納する第2の格納手段を有し、前記複数の処理手段は、前記格納された超音波伝播時間に代えて、前記格納された送側超音

波伝播時間と前記格納された受側超音波伝播時間とを用いる。

このような第2の格納手段を持つことにより、必要な記憶領域を大幅に縮減することが可能になる。例えば、検査対象が平面的な表面を有する場合などに適用することができる。

- 5       また、本発明の実施態様は、前記信号処理部の前記格納手段において、前記画像化すべき領域が、前記複数の圧電変換部における超音波発生指向特性を考慮して制限されたものである。このような制限を設けることにより、処理に必要な記憶領域を削減することができる。

- 10       また、本発明の実施態様は、前記信号処理部の前記第2の格納手段において、前記画像化すべき領域が、前記複数の圧電変換部における超音波発生指向特性を考慮して制限されたものである。この場合も、処理に必要な記憶領域を削減することができる。

- 15       また、本発明の実施態様において、前記信号処理部は、前記検査対象において画像化すべき領域をメッシュ化し前記メッシュ化された領域それぞれについて前記駆動された圧電変換部から前記複数の圧電変換部のうちのひとつへの超音波伝播強度特性を、前記駆動された圧電変換部と前記複数の圧電変換部のうちの前記ひとつとの組み合わせごとに格納する伝播強度特性格納手段をさらに有し、前記信号処理部の前記複数の処理手段は、前記反射強度を確定する処理に前記格納された超音波伝播強度特性を補正のため用いる。
- 20

- 25       駆動された圧電変換部から複数の圧電変換部のうちのひとつへの超音波伝播強度特性は、圧電変換部の指向特性により変化する。例えば、斜角になって発せられまた受信される超音波は感度低下が生じる。そこで、このような感度低下分を伝播強度特性格納手段に格納された伝播強度特性で補正することにより、画像化結果を高精度化する。なお、伝播強度特性格納手段は、超音波伝播時間の格納手段とアドレスを共通にこれに



付随的に設けてもよい。

また、本発明の実施態様において、前記信号処理部は、前記検査対象において画像化すべき領域をメッシュ化し前記メッシュ化された領域それぞれについて、ある圧電変換部からの送側超音波伝播強度特性とある

5 圧電変換部への受側超音波伝播強度特性とを一般化して共通に格納する伝播強度特性格納手段をさらに有し、前記信号処理部の前記複数の処理手段は、前記反射強度を確定する処理に前記格納された送側超音波伝播強度特性および受側超音波伝播強度特性を補正のため用いる。

この場合も、感度低下分を伝播強度特性格納手段に格納された伝播強度特性で補正することにより、画像化結果を高精度化する。ここで、伝

10 播強度特性格納手段は、必要な記憶領域を大幅に縮減されたものになる。例えば、検査対象が平面的な表面を有する場合などに適用することができる。

また、本発明の実施態様において、前記信号処理部は、前記格納手段

15 に初期値としての超音波伝播時間のデータを付与するデータ付与手段と、前記検査対象に対して前記付与された超音波伝播時間のデータを用い前記複数の処理手段により処理しかつ前記加算手段により加算して得られた前記メッシュ化された領域ごとの反射強度から、前記検査対象の不連続面または不連続線を検出する手段と、前記検出された不連続面または

20 不連続線に基づき前記格納手段の内容を再設定する手段とをさらに有する。

このような構成によれば、例えば、初期値としての超音波伝播時間に、単一層の検査対象を仮定して数値を与えると、得られた反射強度から検査対象の不連続面または不連続線を検出できる。すなわち、真の検査対象

25 象（音響伝播媒体を含まない検査対象）の位置の変化を知ることができる。この位置の変化に応じて超音波伝播時間を格納し直せば、精度の高

い画像化を行なうことができる。

後述する本発明の実施形態（第6の実施形態）の考え方を述べると次のようである。

例えば開口合成処理により3D画像合成を行なうためには、ある2個  
5 の圧電変換部間で送受信された超音波エコー波形（時間方向データ）を距離方向に対応づけることが必要である。具体的には、超音波エコー波形の各サンプリングデータを音速に応じて距離データに直して反射された画像化メッシュを特定し、特定された画像化メッシュにそのサンプリングデータを対応づける。そして、3D画像化領域内の全メッシュまた  
10 は指向角で制限された領域の全メッシュについて、2個の圧電変換部の全組合せに渡って上記サンプリングデータ（振幅値で表わされた強度）を加算処理することで3D画像を描画することができる。

ここで、検査を行なう際には、水に浸したり樹脂のシュー材からなる音響伝播媒体を介して検査対象に超音波を送受信するのが一般的である。  
15 そのため、超音波が伝播する経路内には、少なくとも音響伝播媒体と検査対象という異なる音速の領域があることになる。検査対象が異なる音速からなる複数層からなる場合は、全体で3層以上の層構成になる。

複数の層構成の場合、各層の界面での屈折を考慮して求めた往復距離に応じてサンプリングデータ（振幅値）を加算することにより3D描画  
20 を行なうことが必要になる。そのため、一般的には、各メッシュごとに屈折計算を行ない、その結果によりサンプリングデータの対応づけと加算処理を行なうため処理量が膨大となり表示するまでの時間がかかりすぎて実用的な性能を達成することが困難となる。

しかしながら、一定形状のシュー材や固定条件での水浸検査では、各  
25 メッシュごとに屈折計算を一々せずとも伝播時間データをテーブル化にしておけばこれを利用することができる。テーブル化により、屈折計算

に相当する処理はメモリアクセス時間まで縮減できる。さらに、受信側の複数の圧電変換部に対応して演算回路を並列に設けることにより、画像合成処理が一層高速化されるものである。

ここで、上記の方法によれば、例えば  $10 \times 10$  個の圧電変換部を平面的にマトリックス配置した場合であれば、 $100$  個のうちの  $2$  個の圧電変換部（送側、受側）の全組合せに対応したテーブルデータを用意することが必要となる。このため、上記複数層の界面が複雑形状の場合には、あらかじめテーブルデータを作成する場合の計算時間やデータ容量が膨大になる。

- 10 検査対象の界面に対称性や一様性がある場合は、テーブルデータを上記組合せによらず共通化することが計算時間やデータ容量の軽減に非常に有効である。例えば、平面形状で一定厚さのシュウ材で平らな検査対象を検査する場合には、片道の超音波経路に対応した単一のテーブルデータだけあれば、座標変換で任意の圧電変換部による送信と受信の伝播
- 15 距離の計算が可能である。これにより、並列演算回路内のメモリ容量は低減され、高速アクセスにより処理が一層高速化される。

- また、超音波伝播時間テーブルデータや共通テーブルデータを作成する際に、圧電変換部の指向特性を考慮してテーブルデータの領域を制限すれば、必要のない画像化データを描画せずかつ画像合成処理の効率化
- 20 を図ることができる。

- また、超音波伝播時間テーブルデータや共通テーブルデータを作成する際に、圧電変換部の指向特性を考慮してテーブルデータに伝播時間に加えて指向性による感度分布データを格納すれば、感度が低くなる超音波の斜角成分のゲインを調整し、精度向上に有効な斜角成分のエコーデ
- 25 ータを有効に使うことが可能となる。

また、超音波伝播時間テーブルデータや共通テーブルデータを作成す

る際に、検査対象として固体または液体からなる音響伝播媒体の単一層を仮定しこれ用にテーブルデータを初期設定すれば、その結果の画像化により、音響伝播媒体と真の検査対象との境界面の抽出ができる。そして、この処理結果を用いて再計算されたテーブルデータによれば、位置  
5 が変化する場合の画像化に対応することできる。また、真の検査対象の形状が複雑な場合に備えて、あらかじめ、形状データを記憶し、この記憶された形状データを加味して超音波伝播時間テーブルデータや共通テーブルデータを再設定することもできる。

また、本発明の実施形態により、圧電変換素子（超音波センサ）を液体に浸漬することなく、かつ密閉容器の内部に配置された被検体の状態  
10 を外部から検査可能な超音波検査装置を提供することが可能となる。この結果、圧電変換素子が液体中に浸されなくなるため、その耐久性が向上する。

本発明の実施態様としての超音波検査装置は、圧電変換素子がマトリクス状または一列に配置されたアレイセンサがシュー材にカップラントを介して密着固定されている。このシュー材は、液体音響媒体を内包した検査容器の外表面に接続されるか、または開口部を通じて検査容器を貫通している。この結果、検査容器内に設置した被検体からの反射超音波、または透過超音波の電気信号の収集を行い、その収集データから可  
15 視化画像を合成することにより、内部検査を行うことが可能となる。

ここで、検査容器内における被検体の表面の位置、すなわち、圧電変換素子と検査体の表面（界面）とが既知の場合に、圧電変換素子から送信されこの界面から反射されて圧電変換素子に至るまでの反射超音波の伝播時間から、検査容器内の液体音響媒体の音速を求め、画像生成処理  
20 の際の補正用に用い、画像データの精度向上を図ることができる。

また、検査容器内に超音波送信角度を変更するための反射体を設置す

ることにより、被検体に対して水平方向からの計測及び可視化を行うことができる。

以下では、本発明の実施形態を図面を参照しながら説明する。

まず、本発明の実施形態を半導体チップの検査を例に説明する。

## 5 (第1の実施の形態)

図1は、本発明の第1の実施形態に係る超音波検査装置の構成を説明する構成図である。同図に示すように、この超音波検査装置は、超音波トランスデューサ9、信号発生部1、駆動素子選択部2、信号検出回路4、増幅器5a、5b、…、5i、A/D変換器6a、6b、…、6i、  
10 信号処理部7、表示装置10、検査容器110を有する。検査容器110内には水15が収容され、この水15に浸漬されて超音波トランスデューサ9と検査対象（超音波の照射対象）たる半導体チップ11、配線基板13、接続半田12（以下では、半導体チップ11、配線基板13、接続半田12をまとめて「半導体チップ11等」という。）が配置され  
15 る。

超音波トランスデューサ9は、圧電体を含む複数の圧電変換部41a、42a、43a、…、49a、50a、50b、…、50hをマトリックス状に配置したものであり、そのそれぞれの圧電変換部41a等は、駆動素子選択部2の選択により駆動されるものが決定されて信号発生部  
20 1からの駆動信号が導線で導かれる。また、それぞれの圧電変換部41a等が発生する電気信号は導線で信号検出回路4に導かれる。圧電変換部41a等が電気駆動されると圧電体としての性質から超音波が発生し、発生された超音波は、水15を介して半導体チップ11に達する。半導体チップ11等による超音波の反射エコーは再び水15を介して圧電変換部41a等に入力し、これによりそれぞれの圧電変換部41a等は電気信号を発生する。  
25

信号発生部 1 は、圧電変換部 4 1 a 等が超音波を発生すべくパルス状または連続の駆動信号を発生するものである。発生された駆動信号は駆動素子選択部 2 に導かれる。駆動信号選択部 2 は、駆動すべき一または複数の圧電変換部 4 1 a 等を選択の上、信号発生部 1 から導かれた駆動  
5 信号を、選択された圧電変換部 4 1 a 等に導くものである。

信号検出回路 4 は、圧電変換部 4 1 a 等で発生する電気信号を検出するものである。検出された電気信号のうち検査に必要な複数のものは、それぞれ増幅器 5 a、5 b、…、5 i に導かれる。

増幅回路 5 a、5 b、…、5 i は、導かれた電気信号を増幅し、これ  
10 を A/D 変換器 6 a、6 b、…、6 i に供給するものである。A/D 変換器 6 a、6 b、…、6 i は、導かれた電気信号を A/D 変換し、これを信号処理部 7 に導くものである。

信号処理部 7 は、A/D 変換器 6 a、6 b、…、6 i から導かれたデジタル信号を処理し検査対象の状態を可視化する情報を生成するものである。生成された情報は表示装置 1 0 に導かれる。表示装置 1 0 は、  
15 導かれた情報を表示するものである。

検査容器 1 1 0 は、検査対象の半導体チップ 1 1 等と超音波トランスデューサ 9 とを水 1 5 に浸漬するための容器である。

図 2 は、圧電変換部 4 1 a 等の断面構造を示す図である。同図に示す  
20 ように、圧電変換部 4 1 a 等は、基板 1 2 1 上に下からグラウンド電極 1 2 2、界面化合物層 1 2 3、圧電体層 1 2 4、上部電極層 1 2 5 を有する。このうち少なくとも基板 1 2 1 とグラウンド電極 1 2 2 とは、すべての圧電変換部 4 1 a 等に共通に設けられる。基板 1 2 1 には、例えば単結晶や多結晶のシリコン、エポキシ、セラミック、S U S 等の金属  
25 を用いることができる。図 2 に示すような圧電変換部 4 1 a 等の形成は、すでに説明したような方法を適宜選択して行なうことができる。

図 1 に示す超音波検査装置の検査動作について説明する。圧電変換部 4 1 a 等を駆動するための信号が信号発生部 1 で発生され、これが駆動素子選択部 2 で選択された圧電変換部（図では圧電変換部 4 6 a）に導かれる。これにより、圧電変換部 4 6 a は超音波 U を発生し、発生された超音波は、水 1 5 を伝搬媒質として半導体チップ 1 1 等に照射される。

半導体チップ 1 1 等に照射された超音波 U は、半導体チップ 1 1 の表面で屈折してさらに進行し、例えば欠陥 1 4 の発生している接続半田 1 2 で反射してエコーとなり再び半導体チップ 1 1、水 1 5 を介して圧電変換部 4 6 a 等に達する。

10      これにより圧電変換部 4 1 a 等では電気信号を発生する。発生された電気信号は、信号検出回路 4 に導かれて検出される。信号検出回路 4 では、検出されたものから検査に必要な電気信号（図では、圧電変換部 4 1 a、…、5 0 a が発生したもの）をそれぞれ増幅器 5 a、…、5 i に導く。増幅器 5 a、…、5 i は、それぞれ、導かれた信号を増幅し、これ  
15      を A/D 変換器 6 a、…、6 i に供給する。さらに、A/D 変換器 6 a、…、6 i で A/D 変換された信号が信号処理部 7 に取り込まれる。

信号処理部 7 では、駆動素子選択部 2 と信号検出回路 4 とによる切り換えが行なわれるたびに A/D 変換器 6 a、…、6 i から信号を取り込み、半導体チップ 1 1 と接続半田 1 2 の接合界面からの反射エコー強度  
20      の分布状態を画像化する処理を行なう。その結果は、表示装置 1 0 上に表示される。なお、接続半田 1 2 に欠陥（半田はがれなど）1 4 があると超音波 U の反射強度が大きくなり、これにより、信号処理部 7 の処理結果でその位置と程度を知ることができる。

この実施形態では、圧電変換部 4 1 a 等の構造的、材料的特徴から高  
25      周波駆動が可能でありよって高解像の検査を行なうことができるのに加えて、圧電変換部 4 1 a 等がマトリクス化されているので、圧電変換素

子の機械走査に比較して効率的に検査を行なうことができる。

なお、この実施形態では、音響媒質が水 1 5 であり検査対象である半導体チップ 1 1 等と物質が異なる。これにより、半導体チップ 1 1 の表面では、超音波の屈折が生じる。そこで、信号処理部 7 では、この屈折を勘案して半導体チップ 1 1 内での超音波の経路を特定する。

(第 2 の実施の形態)

図 3 は、本発明の第 2 の実施形態に係る超音波検査装置の構成を説明する構成図である。同図において、すでに説明した構成要素には同一番号を付しその構成および動作の説明を省略する。この実施形態は、上記第 1 の実施形態と異なり、検査対象への超音波照射を水を介して行なうのではなくシュー材を用いて行なうものである。

同図に示すように、超音波トランスデューサ 9 は、シュー材 1 6 を基板として構成されている。そして、シュー材 1 6 は、その背面にカップラント 1 7 が設けられ、カップラント 1 7 を介して検査対象たる半導体チップ 1 1 等に押し当てられる。シュー材 1 6 は、半導体チップ 1 1 と同じ材質（例えばシリコン、エポキシ、セラミック等）からなっている。カップラント 1 7 は、すでに説明したような材質および厚さにすることができるが、ここでは一例として図示のようにシート上のものを使用している。

カップラント 1 7 によりシュー材 1 7 と半導体チップ 1 1 等とは平坦に接する状態となり、これにより、音波トランスデューサ 9 の圧電変換部 4 1 a 等が発する超音波は、図示するように、半導体チップ 1 1 の表面でほとんど屈折することなく進行する。よって、屈折を考慮して信号処理部 7 で処理する必要がなくなりより簡単に処理できる。

また、水を収容する検査容器を用意する必要がなく検査対象を水に浸漬しないので、検査後も対象を通常通り使用することができる。したが



って、抜き取り検査のみではなく、手軽に気中でのこの超音波検査を利用することができる。

また、この実施形態でも、圧電変換部 4 1 a 等の構造的、材料的特徴から高周波駆動が可能でありよって高解像の検査を行なうことができる  
5 のに加えて、圧電変換部 4 1 a 等がマトリクス化されているので、圧電変換素子の機械走査に比較して効率的に検査を行なうことができる。

(第 3 の実施の形態)

図 4 は、本発明の第 3 の実施形態に係る超音波検査装置の構成を説明する構成図である。同図において、すでに説明した構成要素には同一番号を付しその構成および動作の説明を省略する。この実施形態では、検査対象たる半導体チップ 1 1 a 等の背面（機能面の反対側）に直接圧電変換部を形成し、その上部電極に接触端子で接触して駆動電圧の供給および発生電圧の取り出しを行なうようにしたものである。  
10

図 4 に示すように、半導体チップ 1 1 a の背面には、例えばスパッタにより共通電極 5 8 が形成され、さらに、共通電極 5 8 上に圧電体層 6 0 a、6 0 b、6 0 c、6 0 d、…がマトリクス状に形成されている。圧電体層 6 0 a 等上には上部電極 5 9 a、5 9 b、5 9 c、5 9 d、…がそれぞれ形成されている。圧電体層 6 0 a 等は、例えば、マスクパターンを用いてスパッタにより形成することができる。なお、それぞれの  
15 圧電変換部の配置・形成は、信号処理をより単純化するため接続半田 1 2 の配置と対応するようにしてもよい。  
20

上部電極 5 9 a を介する駆動電圧の供給および発生電圧の取り出しは、接触端子 6 1 a、6 1 b、6 1 c により行なう。接触端子 6 1 a 等は、走査移動機構 8 により走査移動が可能とされている。なお、この図では、  
25 接触端子を 3 つとしているがその数は適宜設定してよい。また、接触端子 6 1 a 等は具体的にはすでに説明したようなものを用いることができ

る。

- 信号処理部 7 a では、走査移動機構 8 が接触端子 6 1 a 等に与える位置を情報として得、これと超音波 U a、U b、U c 等による検出信号からの情報とにより半導体チップ 1 1 a と接続半田 1 2 の接合界面からの
- 5 反射エコー強度の分布状態を画像化する処理を行なう。

この実施形態でも、水を収容する検査容器を用意する必要がなく検査対象を水に浸漬しないので、検査後も対象を通常通り使用することができる。したがって、抜き取り検査のみではなく、手軽に気中でのこの超音波検査を利用することができる。

- 10 また、同様に、圧電変換部の構造的、材料的特徴から高周波駆動が可能でありよって高解像の検査を行なうことができる。なお、ここで説明した接触端子 6 1 a 等による圧電変換部との接触を用いて駆動電圧の供給および発生電圧の取り出しをする方法は、第 1、第 2 の実施形態において、その説明では導線を用いていた圧電変換部 4 1 a 等との接続に代
- 15 えて利用することもできる。

(第 4 の実施の形態)

- 図 5 は、本発明の第 4 の実施形態に係る超音波検査装置の構成を説明する構成図である。同図において、すでに説明した構成要素には同一番号を付しその構成および動作の説明を省略する。この実施形態は、超音
- 20 波トランスデューサを機械的に走査して検査を行なうものである。

- 同図に示すように、この超音波検査装置は、超音波トランスデューサ 9 a、信号発生部 1 a、信号検出回路 4 a、増幅器 5 a、A/D 変換器 6 a、信号処理部 7 b、表示装置 1 0、検査容器 1 1 0 a を有する。検査容器 1 1 0 a 内には水 1 5 が収容され、この水 1 5 に浸漬されて超音
- 25 波トランスデューサ 9 a と検査対象（超音波の照射対象）たる半導体チップ 1 1 等が配置される。

超音波トランスデューサ 9 a は、凹型形状の基板表面上に電極層 2 9、  
圧電体層 3 0、上部電極層 3 1 が順次積層された構造を有し、この積層  
構造が圧電変換部として機能する。圧電変換部には、駆動部 1 a からの  
駆動信号が導線で導かれる。また、圧電変換部が発生する電気信号は導  
5 線で信号検出回路 4 a に導かれる。圧電変換部が電気駆動されると圧電  
体としての性質から超音波 U が発生し、発生された超音波は、水 1 5 を  
介して半導体チップ 1 1 に達する。半導体チップ 1 1 等による超音波の  
エコーは再び水 1 5 を介して圧電変換部に入力し、これにより圧電変換  
部は電気信号を発生する。

10 駆動部 1 a は、圧電変換部が超音波を発生すべくパルス状または連続  
の駆動信号を発生するものである。信号検出回路 4 a は、圧電変換部で  
発生する電気信号を検出するものである。検出された電気信号は、増幅  
器 5 a に導かれる。以降の A/D 変換器 6 a、表示装置 1 0 はすでに説  
明したものと同様である。

15 信号処理部 7 b は、A/D 変換器 6 a から導かれたデジタル信号と  
走査移動機構 8 a が超音波トランスデューサ 9 a に与える位置を情報と  
得て処理し検査対象の状態を可視化する情報を生成するものである。生  
成された情報は表示装置 1 0 に導かれる。

走査移動機構 8 a は、超音波トランスデューサ 9 a の位置を設定する  
20 機構として設けられ、設定する位置の情報は、信号処理部 7 b へ導かれ  
る。検査容器 1 1 0 a は、検査対象の半導体チップ 1 1 等と超音波トラ  
ンスデューサ 9 a とを水 1 5 に浸漬するための容器である。

超音波トランスデューサ 9 a の積層構造についてさらに説明すると、  
電極層 2 9 は、静電引力を利用する接着層としても機能させるように形  
25 成することができる。材質としては C r、T a、S i などの中から選択  
することができる。圧電体層 3 0 は、すでに説明したような材質のもの

を研磨により例えば  $10\ \mu\text{m}$  程度に薄膜化し接着して形成できる。なお、図で電極層 29 の下の基板に導電性のもの（例えばドーパされた Si 単結晶、その表層のみドーパされたものでもよい。）を用いる場合には、電極層 29 を形成しなくてもよい。

- 5 図 5 に示す超音波検査装置の検査動作について説明する。走査移動機構 8 a により超音波トランスデューサ 9 a の位置が決められ、かつ、超音波トランスデューサ 9 a を駆動するための信号が駆動部 1 a で発生される。これにより、超音波トランスデューサ 9 a は超音波 U を発生し、発生された超音波は、水 15 を伝搬媒質として半導体チップ 11 等に照射される。

半導体チップ 11 等に照射された超音波 U は、半導体 11 の表面で屈折してさらに進行し、例えば欠陥 14 の発生している接続半田 12 で反射してエコーとなり再び半導体チップ 11、水 15 を介して超音波トランスデューサ 9 a に達する。

- 15 これにより超音波トランスデューサ 9 a では電気信号を発生する。発生された電気信号は、信号検出回路 4 a に導かれて検出される。信号検出回路 4 a は、検出された電気信号を増幅器 5 a に導く。増幅器 5 a は、導かれた信号を増幅し、これを A/D 変換器 6 a に供給する。さらに、A/D 変換器 6 a で A/D 変換された信号が信号処理部 7 b に取り込まれる。

- 20 信号処理部 7 b では、A/D 変換器 6 a から導かれたデジタル信号と走査移動機構 8 a が超音波トランスデューサ 9 a に与える位置を情報とを得て処理し、半導体チップ 11 と接続半田 12 の接合界面からの反射エコー強度の分布状態を画像化する処理を行なう。その結果は、表示装置 10 上に表示される。このような処理は、走査移動機構 8 a により超音波トランスデューサ 9 a の位置が決めらるたびに行なうことができ

る。

この実施形態では、超音波トランスデューサ 9 a の構造的、材料的特徴から高周波駆動が可能でありよって高解像の検査を行なうことができる。また、例えば静電力を利用する接着により圧電体層 3 0 をより均一に基板上に形成することができるので、均一性が劣ることによる感度や解像度の劣化を防止することもできる。

なお、この実施形態でも、音響媒質が水 1 5 であり検査対象である半導体チップ 1 1 等と物質が異なるので、半導体チップ 1 1 の表面では、超音波 U の屈折が生じる。そこで、信号処理部 7 b では、この屈折を勘案して半導体チップ 1 1 内での超音波の経路を特定する。

(第 5 の実施の形態)

図 6 は、本発明の第 5 の実施形態に係る超音波検査装置の構成を説明する構成図である。同図において、すでに説明した構成要素には同一番号を付しその構成および動作の説明を省略する。この実施形態は、レーザー光を用いて検査対象に超音波を生じさせ、そのエコーを検出・処理することにより検査対象を検査するものである。

同図に示すように、この超音波検査装置は、強度変調レーザー光源 1 0 1、照射光学系 1 0 2、振動変位検出器 7 1、増幅器 5 a、5 b、…、5 i、A/D 変換器 6 a、6 b、…、6 i、信号処理部 7、表示装置 1 0 0、走査移動機構 8 b を有する。走査移動機構 8 b により位置決めされた照射光学系 1 0 2 からのレーザー光が、検査対象たる半導体チップ 1 1 等に照射される。

強度変調レーザー光源 1 0 1 は強度変調されたレーザー光（強度変調の特殊な場合としての間欠的なレーザー光でもよい）を発生し、発生されたレーザー光は照射光学系 1 0 2 に導かれる。照射光学系 1 0 2 は、導かれたレーザー光をスポット状にして検査対象たる半導体チップ 1 1

の所定の位置に照射する。所定の位置に照射するため、照射光学系 1 0 2 は、走査移動機構 8 b によって走査移動される。なお、レーザー光の照射により半導体チップ 1 1 には、エネルギーの変換が生じ超音波が発生する。

- 5 振動変位検出器 7 1 は、半導体チップ 1 1 の表面にエコーとして帰還する各部の超音波を非接触で検出し電気信号に変換するものである。検出の原理は、半導体チップ 1 1 の表面に帰還する超音波によるその表面の振動変位を、振動変位検出器 7 1 から照射して反射されるレーザー光の位相変化により測定・検出するものである。検出された電気信号のうち検査に必要な複数のものは、それぞれ増幅器 5 a、5 b、…、5 i に導かれる。これ以降の構成である A/D 変換器 6 a、6 b、…、6 i、信号処理部 7、表示装置 1 0 についてはすでに説明したようである。

- 15 走査移動機構 8 b は、照射光学系 1 0 2 と振動変位検出器 7 1 とを同期的に移動させるものであり、同時に照射光学系 1 0 2 と振動変位検出器 7 1 との位置情報を信号処理部 7 a に供給する。

- 図 6 に示す超音波検査装置の検査動作について説明する。強度変調レーザー光源 1 0 1 で発生されたレーザー光は照射光学系 1 0 2 に導かれ、照射光学系 1 0 2 は、導かれたレーザー光をスポット状にして検査対象たる半導体チップ 1 1 の所定の位置に照射する。なお、その位置は、走査移動機構 8 b により設定される。これにより、半導体チップ 1 1 の上記位置の表面から超音波が発生される。

- 半導体チップ 1 1 の表面で発生された超音波は、半導体チップ 1 1 中を進行し、例えば欠陥 1 4 の発生している接続半田 1 2 で反射してエコー U a、U b、U c となり再び半導体チップ 1 1 の表面に達する。

- 25 これにより振動変位検出器 7 1 は、上記原理により、半導体チップ 1 1 の表面に帰還した各部の超音波に対応した複数の電気信号を発生する。

発生された電気信号のうち検査に必要な電気信号をそれぞれ増幅器 5 a、  
…、5 i に導く。増幅器 5 a、…、5 i は、それぞれ、導かれた信号を  
増幅し、これを A/D 変換器 6 a、…、6 i に供給する。さらに、A/  
D 変換器 6 a、…、6 i で A/D 変換された信号が信号処理部 7 a に取  
5 り込まれる。

信号処理部 7 a では、走査移動機構 8 b が照射光学系 1 0 2 等と与え  
る位置を情報として得、これと上記の取り込んだ信号とにより半導体チ  
ップ 1 1 と接続半田 1 2 の接合界面からの反射エコー強度の分布状態を  
画像化する処理を行なう。

10 この実施形態では、間欠的にまたは強度変調して発生されたレーザー  
光をスポット状にすることにより照射対象上の正確な位置に極めて小面  
積の超音波発生源を作ることができる。これにより、そのエコーを捉え  
ることにより高解像な探知が可能になる。

また、水を収容する検査容器を用意する必要がなく検査対象を水に浸  
15 漬しないので、検査後も対象を通常通り使用することができる。したが  
って、抜き取り検査のみではなく、手軽に気中でのこの超音波検査を利用  
することができる。

(第 6 の実施の形態)

次に、本発明の実施形態に係る超音波画像化装置を図面を参照して説  
20 明する。

図 7 は、本発明の実施形態に係る超音波画像化装置によって超音波検  
査を行なう構成例を説明する図である。同図に示すように、この超音波  
画像化装置は、マトリックスセンサ（超音波トランスデューサ）2 0 9、  
信号発生部 2 0 1、駆動素子選択部 2 0 2、信号検出回路 2 0 4、増幅  
器 2 0 5 a、2 0 5 b、…、2 0 5 i、信号処理部 2 7 0、表示装置 2  
25 1 0 を有する。上記信号処理部 2 7 0 は、内部構成として、A/D 変換

器 2 0 6 a、2 0 6 b、…、2 0 6 i、並列プロセッサ 2 0 7 a、2 0 7 b、…、2 0 7 i、統合プロセッサ 2 0 8 を有する。マトリックスセンサ 2 0 9 の前面には音響伝播媒体 2 1 6 が密着され、音響伝播媒体 2 1 6 は、カップラント 2 1 8 を介して検査対象 2 1 7 に接触される。検査対象 2 1 7 中には欠陥 2 1 4 が存在し得る。

マトリックスセンサ 2 0 9 は、圧電素子からなる複数の圧電変換部 2 2 1 a、2 2 2 a、2 2 3 a、…、2 2 9 a、2 3 0 a、2 3 0 b、…、2 3 0 h をマトリックス状に配置したものであり、そのそれぞれの圧電変換部 2 2 1 a 等は、駆動素子選択部 2 0 2 の選択により駆動されるものが決定されて信号発生部 2 0 1 からの駆動信号が導線で導かれる。また、それぞれの圧電変換部 2 2 1 a 等が発生する電気信号は導線で信号検出回路 2 0 4 に導かれる。圧電変換部 2 2 1 a 等が電気駆動されると圧電体としての性質から超音波が発生し、発生された超音波は、音響伝播媒体 2 1 6 を介して検査対象 2 1 7 内の欠陥 2 1 4 に達する。欠陥 2 1 4 による超音波エコー U は再び音響伝播媒体 2 1 6 を介して圧電変換部 2 2 1 a 等に入力し、これによりそれぞれの圧電変換部 2 2 1 a 等は電気信号を発生する。

信号発生部 2 0 1 は、圧電変換部 2 2 1 a 等が超音波を発生すべくパルス状または連続の駆動信号を発生するものである。発生された駆動信号は駆動素子選択部 2 0 2 に導かれる。駆動信号選択部 2 0 2 は、駆動すべき一つまたは複数の圧電変換部 2 2 1 a 等を選択の上、信号発生部 2 0 1 から導かれた駆動信号を、選択された圧電変換部 2 2 1 a 等に導くものである。

信号検出回路 2 0 4 は、圧電変換部 2 2 1 a 等で発生する電気信号を検出するものである。検出された電気信号のうち検査に必要な複数のものは、それぞれ増幅器 2 0 5 a、2 0 5 b、…、2 0 5 i に導かれる。



増幅器 205 a、205 b、…、205 i は、導かれた電気信号をそれぞれ増幅し、これを信号処理部 270 内の A/D 変換器 206 a、206 b、…、206 i にそれぞれ供給するものである。A/D 変換器 206 a、206 b、…、206 i は、導かれた電気信号を A/D 変換し、  
5 これを信号処理部 270 内の並列プロセッサ 207 a、207 b、…、207 i にそれぞれ導くものである。

信号処理部 270 内の並列プロセッサ 207 a、207 b、…、207 i は、A/D 変換器 206 a、206 b、…、206 i から導かれたデジタル信号を並列的に処理し、それぞれ、画像化領域の各メッシュ  
10 からの反射強度を特定するものである。特定された反射強度は、統合プロセッサ 208 により統合されて画像化情報となり、さらに表示装置 210 に導かれる。表示装置 210 は、導かれた情報を表示するものである。

図 8 は、信号処理部 270 内の構成をさらに詳細に示す図である。同  
15 図に示すように、並列プロセッサ 207 a、207 b、…207 i は、それぞれ、内部メモリ 305 a、305 b、…、305 i、および演算回路 306 a、306 b、…、306 i を有する。また、統合プロセッサ 208 は、画像統合処理部 208 a、境界抽出処理部 208 b、形状データ記憶部 208 c、テーブルデータ格納部 307 を有する。

20 内部メモリ 305 a、305 b、…、305 i は、それぞれ、A/D 変換器 206 a、206 b、…、206 i から供給された A/D 変換信号とテーブルデータ格納部 307 から得た伝播時間データとを一時格納するものである。演算回路 306 a、306 b、…、306 i は、それぞれ、内部メモリ 305 a、305 b、…、305 i に格納された A/D  
25 変換信号と伝播時間データとから、画像化領域の各メッシュからの反射強度を特定し、各メッシュと反射強度とを対応づけるものである。対

応づけられた反射強度は画像統合処理部 208a に供給される。

画像統合処理部 208a は、供給された反射強度を各メッシュごとに加算し画像化情報を生成するものである。生成された画像化情報は表示装置 210 に導かれる。

- 5 境界抽出処理部 208b は、画像統合処理部 208a が出力する結果から照射対象の内部に存在する境界を抽出するものである。抽出された境界に関する情報はテーブルデータ格納部 307 に送られる。

形状データ記憶部 208c は、照射対象（または検査対象 217）に関する表面形状や層構造に関する情報をあらかじめ記憶するものである。

- 10 記憶された情報は、必要に応じてテーブルデータ格納部 307 に送られる。

テーブルデータ格納部 307 は、圧電変換部 221a 等間の超音波伝播時間（または等価的な距離でもよい。以下同）をテーブル化しあらかじめ格納しておくものである。格納された超音波伝播時間は、その一部

- 15 または全部が、各並列プロセッサ 207a、207b、…、207i の内部メモリ 305a、305b、…、305i に必要に応じて転送される。また、テーブルデータ格納部 307 に格納された超音波伝播時間は、境界抽出処理部 208b が供給する、照射対象における抽出された境界に関する情報や形状データ記憶部 208c が供給する、照射対象（または検査対象 217）に関する表面形状や層構造に関する情報により、再  
20 設定され得る。

次に、図 7、図 8 に示した構成による実際の動作・処理例を図 9 をも参照して説明する。図 9 は、各並列プロセッサ 207a、207b、…、207i 内で行なわれる処理を説明する説明図である。

- 25 圧電変換部 221a 等を駆動するための信号が信号発生部 201 で発生され、これが駆動素子選択部 202 で選択された圧電変換部（図では

圧電変換部 2 2 5 a) に導かれる。これにより、圧電変換部 2 2 5 a は超音波 U を発生し、発生された超音波は、音響伝播媒体 2 1 6、カップラント 2 1 8 を介して検査対象 2 1 7 に照射される。

検査対象 2 1 7 に照射された超音波 U は、その表面で屈折してさらに  
5 進行し、例えば欠陥 2 1 4 などでは反射してエコーとなり再び検査対象 2 1 7 を介して圧電変換部 2 2 1 a 等に達する。

これにより圧電変換部 2 2 1 a 等では電気信号を発生する。発生された電気信号は、信号検出回路 2 0 4 に導かれて検出される。信号検出回路 2 0 4 では、検出されたものから検査に必要な電気信号（図では、圧  
10 電変換部 2 2 1 a、…、2 2 9 a が発生したもの）をそれぞれ増幅器 2 0 5 a、…、2 0 5 i に導く。増幅器 2 0 5 a、…、2 0 5 i は、それぞれ、導かれた信号を増幅し、これを信号処理部 2 7 0 内の A/D 変換器 2 0 6 a、…、2 0 6 i に供給する。さらに、A/D 変換器 2 0 6 a、  
…、2 0 6 i で A/D 変換された信号それぞれが並列プロセッサ 2 0 7  
15 a、2 0 7 b、…、2 0 7 i に供給される。

並列プロセッサ 2 0 7 a、2 0 7 b、…、2 0 7 i の各それぞれにおける処理は以下のようなされる。図 9 を参照するに、マトリクスセンサ 2 0 9 上の圧電変換部 (j) 2 3 1 が、図 7 においては超音波を発している (= 送側の) 圧電変換部 2 2 5 a に相当する。また、マトリクス  
20 センサ 2 0 9 上の圧電変換部 (k) 2 3 2 が図 7 における各圧電変換部 2 2 1 a、…、2 2 9 a のひとつ (受側の圧電変換部) に相当する。

画像化領域 2 4 0 は、図 7 における音響伝播媒体 2 1 6 と検査対象 2 1 7 とに相当し、その中の画像化領域 2 4 0 A が音響伝播媒体 2 1 6 に、画像化領域 2 4 0 B が検査対象 2 1 7 にそれぞれ相当する。画像化領域  
25 2 4 0 A、2 4 0 B は、図示するようにそれぞれ 3 次元に（あるいは簡単には見えている断面の 2 次元に）メッシュ化されて捉えられている。

なお、画像化領域 240 A とマトリクスセンサ 209 とは図 7 に示すように面接触して描かれるべきであるが、図示の都合上離して描いている。

圧電変換部 (k) 232 が検出し並列プロセッサ 207 a、207 b、…、207 i の一つに入力される送受信エコー強度 P は、時間方向データとして例えば図 9 の中ほどに示すような時間離散信号である。この時間離散信号におけるサンプリングされた強度のそれぞれは、画像化領域 240 の各メッシュのどこかから反射されたものに由来する。

この対応づけのため、伝播時間テーブルデータ 407 を用いる。この伝播時間テーブルデータ 407 は、図 8 におけるテーブルデータ格納部 307 に格納されていたものである。伝播時間テーブルデータ 407 は、送側の圧電変換部 (j) 231 と受側の圧電変換部 (k) の組み合わせ (j、k) ごとに作られ、画像化領域 240 の各メッシュに対応して (j → i → k) の伝播時間が記録されたテーブルである。図示するように、ここでは、画像化領域 240 A に相当するテーブルデータ 271 と画像化領域 240 B に相当するテーブルデータ 272 とからなっている。伝播時間テーブルデータ 407 も、画像化領域 240 に対応して図示するように 3 次元に（あるいは簡単には見えている断面の 2 次元に）構造化されたものである。

いま、例えば画像化メッシュ (i) 251 からの反射強度を、送受信エコー強度 P のデータから確定する場合には、まず、画像化メッシュ (i) 251 に対応する伝播時間テーブルデータ 407 の格納位置から伝播時間 (i) 261 を取出す。そして、その伝播時間 (i) 261 に相当する時間 t の送受信エコー強度 P のサンプリング値を特定する。そのサンプリング値が、画像化メッシュ (i) 251 からの反射強度になる。

同様にして、画像化メッシュ (i + 1) 252、画像化メッシュ (i

+ 2) 2 5 3、画像化メッシュ (i + 3) 2 5 4、画像化メッシュ (i + 4) 2 5 5、…についても、伝播時間 (i + 1) 2 6 2、伝播時間 (i + 2) 2 6 3、伝播時間 (i + 3) 2 6 4、…を用いてそれぞれ反射強度を確定することができる。

- 5      以上のような各メッシュについての反射強度の確定は、信号処理部 2 7 0 内で、各並列プロセッサ 2 0 7 a、2 0 7 b、…、2 0 7 i ごとに受側の圧電変換部 (k) 2 3 2 の k の値を変えて並列に行なわれる。そして、これらの結果は画像統合処理部 2 0 8 a に送られてメッシュごとに加算される。すなわち、以上説明の処理においては、並列プロセッサ
- 10   2 0 7 a、2 0 7 b、…、2 0 7 i で並列処理が行なわれるので、非常に高速な処理が実現する。

- なお、最終的な画像は、例えば、送側の圧電変換部 (j) 2 3 1 と受側の圧電変換部 (k) のすべての組合せについて上記処理が終了した時点で得られることになる。簡単化としては、例えば、一列の送側の圧電
- 15   変換部 (j) 2 3 1 と受側の圧電変換部 (k) のすべての組合せについて上記処理を終了した時点としてもよい。これらの結果は、表示装置 2 1 0 上に表示される。ちなみに、欠陥 2 1 4 があるとその領域からの超音波 U の反射強度が大きくなるので、画像化された結果はその位置と程度を反映する。

- 20    伝播時間テーブルデータ 4 0 7 は、あらかじめ、画像化領域 2 4 0 A、2 4 0 B の材質の違いを考慮して屈折計算を行ない伝播経路を特定することにより作成しておくことができる。ここでは、画像化領域 2 4 0 A と 2 4 0 B との材質の違いによりその界面で図示するように屈折が生じるが、この屈折が加味されて (j → i → k) の伝播時間が求められる。

- 25    また、伝播時間テーブルデータ 4 0 7 は、初期的には図 8 におけるテーブルデータ格納部 3 0 7 に格納されているが、実際の処理においては、

内部メモリ 305 a、305 b、…、305 i に必要部分が転送され利用される。転送する構成にすることにより、内部メモリ 305 a、305 b、…、305 i として高速なメモリを使用して全体としてのより高速な処理に寄与することができる。

5      次に、図 7、図 8 に示した構成による実際の動作・処理の別の例を図 10 をも参照して説明する。図 10 は、各並列プロセッサ 207 a、207 b、…、207 i 内で行なわれる処理の別の例を説明する説明図であり、図 9 において説明した部分には同一符号を付してある。以下重複を避けて説明する。

10      この処理例では、伝播時間テーブルデータ 407 に代えて、送側の圧電変換部 (j) 231 と受側の圧電変換部 (k) の組合せ (j、k) によらず共通で、かつ片道の伝播時間が格納された片道伝播時間テーブルデータ 295 を用いる。片道伝播時間テーブルデータ 295 は、画像化領域 240 A に相当するテーブルデータ 296 と画像化領域 240 B に  
15      相当するテーブルデータ 297 とからなっている。

このような片道伝播時間テーブルデータ 295 であっても、検査対象 217 に形状的対称性や平面的な表面性がある場合には利用することができる。これは、送側であれば、差 (j - i) の値により、すなわち、個別の j の値にはよらずに一律な伝播時間を想定することができるから  
20      である。同様に、受側であれば、差 (i - k) の値により、すなわち、個別の k の値にはよらずに一律な伝播時間を想定することができるからである。

いま、例えば画像化メッシュ (i) 251 からの反射強度を、送受信エコー強度 P のデータから確定する場合には、まず、片道伝播時間テーブルデータ 295 から、(j - i) を引数に送側伝播時間 (j - i) 2  
25      81 を取出す。同様に、片道伝播時間テーブルデータ 295 から、(i

−k) を引数に受側伝播時間 (i − k) 2 9 1 を取出す。そして、送側伝播時間 (j − i) 2 8 1 と受側伝播時間 (i − k) 2 9 1 とを加算し、加算値に相当する時間 t の送受信エコー強度 P のサンプリング値を特定する。そのサンプリング値が、画像化メッシュ (i) 2 5 1 からの反射強度になる。

同様にして、画像化メッシュ (i + 1) 2 5 2、画像化メッシュ (i + 2) 2 5 3、画像化メッシュ (i + 3) 2 5 4、画像化メッシュ (i + 4) 2 5 5、…についても、伝播時間 (j − i + 1) 2 8 2、伝播時間 (j − i + 2) 2 8 3、…と、伝播時間 (i + 1 − k) 2 9 2、伝播時間 (i + 2 − k) 2 9 3、…とを用いてそれぞれ反射強度を確定することができる。

以上説明のように、この例では、伝播時間テーブルデータ 4 0 7 に代えて、送側の圧電変換部 (j) 2 3 1 と受側の圧電変換部 (k) の組合せ (j、k) によらず共通で、かつ片道の伝播時間が格納された片道伝播時間テーブルデータ 2 9 5 を用いるので、必要な格納領域を格段に削減することができる。

なお、このような格納領域の削減は、次の方策を講じることによってさらに行なうことができる。すなわち、図 1 0 に示された基準圧電変換部 2 3 8 から発せられる超音波には指向性があるので、送受信可能範囲 2 3 9 から外れた範囲に相当する格納領域を用意しておくには及ばない。このような範囲には格納領域を与えないようにする。(なお、図で基準圧電変換部 2 3 8 を左上にあるものとして上中央としていないのは、左右の対称性を利用しているからである。)

次に、図 7、図 8 に示した構成による実際の動作・処理例について何点か補足する。

伝播時間テーブルデータ 4 0 7 や片道伝播時間テーブルデータ 2 9 5

を作成する際には、圧電変換部 2 2 1 a 等の指向特性を考慮してこれらのテーブルデータに伝播時間に加えて指向性による感度分布データを格納するようにしてもよい。このようにすれば、感度が低くなる超音波の斜角成分のゲインを補正し、精度向上に寄与するように斜角成分のエコーデータを使うことが可能となる。

また、伝播時間テーブルデータ 4 0 7 や片道伝播時間テーブルデータ 2 9 5 を作成する際には、検査対象として固体または液体からなる音響伝播媒体の単一層を仮定しこれ用にテーブルデータを、データ付与手段としての統合プロセッサ 2 0 8 で初期設定するようにしてもよい（なお、このための統合プロセッサ 2 0 8 内の構成については不図示）。この処理設定により得られた結果を画像化すれば、音響伝播媒体 2 1 6 と真の検査対象 2 1 7 との境界面（すなわち、不連続線または不連続線）の抽出、検出ができる（処理は、境界抽出処理部 2 0 8 b で行なう）。これは、仮定と実際の結果が境界面の存在位置に応じて食い違うので、境界面の存在および位置を特定できるからである。

そして、この境界面の特定に基づいて統合プロセッサ 2 0 8 が上記各テーブルデータ 4 0 7、2 9 5 を再設定し（なお、このための統合プロセッサ 2 0 8 内の構成については不図示）、再設定された各テーブルデータ 4 0 7、2 9 5 を用いることで、検査対象 2 1 7 の位置が変化する場合の画像化に対応することができる。

さらに、真の検査対象 2 1 7 の形状が複雑な場合に備えて、あらかじめ、形状データを形状データ記憶部 2 0 8 c に記憶し、この記憶された形状データを加味して伝播時間テーブルデータ 4 0 7 や片道伝播時間テーブルデータ 2 9 5 を再設定するように動作させてもよい。

（第 7 の実施の形態）

次に、本発明の別の実施形態に係る超音波検査装置を図面を参照して



説明する。

図 1 1 は、本発明の第 7 の実施形態に係る超音波検査装置の構成を説明する模式図である。同図に示すように、この超音波検査装置は、マトリクス状または一列に配置した多数の圧電変換部からなる超音波トランスデューサであるアレイセンサ 5 0 6、送受信切替装置 5 0 8、画像合成装置 5 0 9、表示装置 5 1 0 を有し、容器 5 0 1 内の水 5 0 2 に浸漬された被検体 5 0 3 内の欠陥 5 0 4 を可視化して表すことができる。アレイセンサ 5 0 6 の前面には、平板形状のシュー材 5 0 5 がカップラント 5 0 7 を介して密着固定されている。また、容器 5 0 1 内に反射体 5 1 3、固定ジグ 5 1 5 が設置されている。

容器 5 0 1 は、水 5 0 2 および被検体 5 0 3 を収容する容器であり、水 5 0 2 に浸漬した状態で被検体 5 0 3 を超音波により検査するためのものである。

水 5 0 2 は、超音波を伝搬する液体の音響媒体の一種である。すなわち、液体音響媒体としては水 5 0 2 以外の液体、例えば、油等を用いることが可能である。

被検体 5 0 3 は、超音波により内部状態を検査し、欠陥 5 0 4（例えば、ボイド、結合の剥がれ等）の有無等の検査が行われる検査対象である。なお、被検体 5 0 3 は、固定ジグ 5 1 5 によって容器 5 0 1 内で位置決め、固定される。

シュー材 5 0 5 は、平板状の固体からなる音響媒体（固体音響媒体）であり、アレイセンサ 5 0 6 と被検体 5 0 3 との間での超音波の伝搬経路の一部となり、例えば、プラスチック、金属等適宜の材料で構成することができる。

アレイセンサ 5 0 6 は、圧電変換部として機能するものであり、複数の圧電変換素子 5 2 0 がアレー状に配列されている。圧電変換素子 5 2

0 は、電気を圧力に、圧力を電気に変換する変換素子であり、超音波を発信すると共に、被検体 5 0 3 中の欠陥 5 0 4 等から反射される反射超音波 X を受信することができる。

5 反射体 5 1 3 は、反射部として機能し、所定の圧電変換素子 5 2 0 から送信された超音波を反射してその伝搬方向を変化させ、被検体 5 0 3 の側方から入射させる。

10 カップラント 5 0 7 は、シュー材 5 0 5 とアレイセンサ 5 0 6 との間の音響的な結合状態を向上させるための媒介であり、通常は適度の粘性を有する半流動体の音響媒体、一例として、グリセリンが用いられる。

10 シュー材 5 0 5 とアレイセンサ 5 0 6 との間にカップラント 5 0 7 を介在させることで、シュー材 5 0 5 とアレイセンサ 5 0 6 との間での超音波の伝達が効率的に行われるようになり、かつシュー材 5 0 5、アレイセンサ 5 0 6 それぞれの界面での超音波の反射（一種の雑音）が低減される。

15 送受信切替装置 5 0 8 は、アレイセンサ 5 0 6 内の複数の圧電変換素子 5 2 0 から、超音波を送信、受信する素子の選択等を行う装置であり、駆動素子切換回路 5 2 1，信号発生部 5 2 2，信号検出回路 5 2 3，増幅部 5 2 4 を有する。

20 駆動素子切換回路 5 2 1 は、駆動部として機能するものであり、信号発生部 5 2 2 が発生した電気信号を入力させ、超音波を発生させる圧電変換素子 5 2 0 を選択するための切換回路である。

信号発生部 5 2 2 は、圧電変換素子 5 2 0 に超音波を発生させるための電気信号を発生するためのものであり、通例、発振回路を含む。

25 信号検出回路 5 2 3 は、検出部として機能するものであり、超音波を受信したことによって圧電変換素子 5 2 0 それぞれが発生した電気信号を検出する検出回路である。この検出に際し、圧電変換素子 5 2 0 を適

宜に選択可能であり、選択された圧電変換素子 5 2 0 に対応する電気信号が増幅部 5 2 4 に送られる。このとき、複数の圧電変換素子 5 2 0 の選択を可能として、信号処理の並列性の向上を図っている。

増幅部 5 2 4 は、信号検出回路 5 2 3 によって検出された信号を増幅  
5 するためのものであり、信号検出回路 5 2 3 からの出力の数（選択された圧電変換素子 5 2 0 の数）に対応する個数分の増幅素子が存在する。

すなわち、送受信切替装置 5 0 8 は、圧電変換素子 5 2 0 から反射超音波 X（超音波エコー X）を受信する受信素子を選択し、選択された圧電変換素子 5 2 0 で発生した電気信号 E を増幅した後に画像合成装置 5  
10 0 9 に順次送信する。

画像合成装置 5 0 9 は、画像を生成する画像生成部として機能するものであり、A/D変換器 5 2 5，および演算装置 5 2 6 を有する。A/D変換器 5 2 5 は、駆動素子切換回路 5 2 1 で受信した電気信号をアナログ-ディジタル変換する。

15 演算装置 5 2 6 は、音速補正部および画像生成部として機能するものであり、A/D変換器 5 2 5 によりディジタル化された信号に基づき、検査対象の状態を可視化するための信号処理を施す信号処理部である。

表示装置 5 1 0 は、画像合成装置 5 0 9 から導かれた情報を表示する表示装置であり、例えば、CRT、液晶表示装置を用いることができる。

## 20 （超音波検査装置の動作）

以下に、超音波検査装置の動作を説明する。

（1）信号発生部 5 2 2 より駆動素子切換回路 5 2 1 を経て圧電変換素子 5 2 0 に入力された電気信号により、圧電変換素子 5 2 0 から超音波が送信される。圧電変換素子 5 2 0 から送信された超音波は、シュー材  
25 5 0 5、水 5 0 2 を介して被検体 5 0 3 内の欠陥 5 0 4 に達する。この超音波は、欠陥 5 0 4 により反射され反射超音波 X となり、再び水 5 0

2 とシュー材 5 0 5 を介して圧電変換素子 5 2 0 に受信される。

(2) 受信した反射超音波 X によりそれぞれの圧電変換素子 5 2 0 から発生した電気信号が信号検出回路 5 2 3、増幅部 5 2 4、A/D 変換器 5 2 5 により検出、増幅、デジタル変換され、演算装置 5 2 6 により画像合成処理される。

この画像合成処理は、超音波の送信から受信までの送受信伝播時間  $t_d$ 、および反射超音波 X の強度（振幅値） $A_d$  を用いた開口合成処理によって行うことができる。

すなわち、超音波の発信位置と受信位置を焦点とする送受信伝播時間  $t_d$  に対応する距離一定の楕円面（等距離伝播面 5 1 2）上に被検体 5 0 3 の超音波反射源（例えば、欠陥 5 0 4）があることから、異なる発信位置および受信位置での楕円面の交差する位置が反射源位置となり、多くの発信位置（圧電変換素子 5 2 0）と受信位置（圧電変換素子 5 2 0）の組み合わせでの楕円面の重ね合わせを例えば、3次元画像メモリ上で行うことにより被検体 5 0 3 内部の画像を再構成できる。

具体的には、送信側、受信側それぞれで選択された 1 対の圧電変換素子 5 2 0 毎に、送受信伝播時間  $t_d$  に対応した等距離伝播面 5 1 2 を計算し、計算された等距離伝播面 5 1 2 上に反射超音波 X の振幅値  $A_d$  を加算する。送信側、受信側それぞれで選択された圧電変換素子 5 2 0 の組み合わせそれぞれに対応する複数の等距離伝播面 5 1 2 が算出され、これら複数の等距離伝播面 5 1 2 上での反射超音波 X の振幅値が加算されることで、被検体 5 0 3 の画像をその内部の欠陥 5 0 4 等を含めて生成できる。

送受信伝播時間  $t_d$  は、超音波の送信から反射超音波 X を受信するまでに要する時間であり、送信側の圧電変換素子 5 2 0 から超音波を送信させた時刻  $t_1$  と受信側の圧電変換素子 5 2 0 が超音波を受信した時刻

$t_2$  の差 ( $t_2 - t_1$ ) である。

(3) 送受信伝播時間  $t_d$  から等距離伝播面 512 を計算するにあたって、「シュー材 505 と水 502 の界面」と「被検体 503 と水 502 の界面」の両界面での屈折を加味することが好ましい。具体的には、次の式 (1)、(2) に表されるスネルの式を考慮して、等距離伝播面 512 がより精密に算出される。

$$C_5 / \sin \theta_{52} = C_2 / \sin \theta_{25} \quad \dots\dots \text{式 (1)}$$

$$C_2 / \sin \theta_{23} = C_3 / \sin \theta_{32} \quad \dots\dots \text{式 (2)}$$

ここで、 $C_5$  : シュー材 505 中での超音波の速度

10  $C_2$  : 水 502 中での超音波の速度

$C_3$  : 被検体 503 中での超音波の速度

$\theta_{52}$  : シュー材 505 から水 502 への超音波の入射 (出射) 角

15  $\theta_{25}$  : シュー材 505 から水 502 への超音波の出射 (入射) 角

$\theta_{23}$  : 水 502 から被検体 503 への超音波の入射 (出射) 角

$\theta_{32}$  : 水 502 から被検体 503 への超音波の出射 (入射) 角

20 である。

(4) 容器 501 内に固定した反射体 513 によって、圧電変換素子 520 から送信した超音波を水平方向に反射させて、被検体 503 の側面に水平方向計測用超音波 Z を入射させることができる。この水平方向計測用超音波 Z は、被検体 503 の側面やその内部の欠陥 504 等で反射されて、圧電変換素子 520 で受信され、演算装置 526 での画像合成処理に用いることができる。

25

このように、水平方向計測用超音波 Z のデータを取り込むことにより、被検体 5 0 3 の側面やその内部の欠陥 5 0 4 の水平位置計測、または水平方向からの画像化を同時に行うことが可能である。

5      なお、この水平方向計測用超音波 Z の送信、受信を行う圧電変換素子 5 2 0 を反射超音波 X の送信、受信を行う圧電変換素子 5 2 0 と区分しておくことで、反射超音波 X による被検体 5 0 3 の正面方向の画像と、水平方向計測用超音波 Z による被検体 5 0 3 の側面方向の画像とを区分することが容易になる。さらに、表示装置 5 1 0 での表示に際し、このように区分された正面画像、側面画像を異なる表示色で表示することで、  
10    画像に識別が容易に行える。

( 5 ) 水 5 0 2 中での音速は水温等によって変動することから、音速を補正することでより精密な画像を生成できる。

この補正は水 5 0 2 中での音速の値自体を画像合成装置 5 0 9 に入力して記憶させることで行っても良いが、被検体 5 0 3 表面からの反射超  
15    音波 X の送受信伝播時間  $t_d$  に基づいて行うこともできる。

シュー材 5 0 5 の厚さ  $d_5$ 、シュー材 5 0 5 から被検体 5 0 3 の表面までの距離  $L$ 、およびシュー材 5 0 5 中での音速  $C_5$  が既知としたときに、水 5 0 2 中での音速  $C_2$  は次の式 ( 3 ) により算出することができる。

$$20 \quad t_d = 2 \cdot (d_5 / C_5) + 2 \cdot (L / C_2) \quad \dots\dots \text{式 ( 3 )}$$

ここで、被検体 5 0 3 の表面の形状の特徴 (例えば、平面、曲面) に基づき、合成画像の画像解析により被検体 5 0 3 表面を抽出することで、水 5 0 2 中での音速を自動的に補正することが可能となる。具体的には、  
25    合成画像を 2 値化等することで、被検体 5 0 3 の輪郭を抽出し、この輪郭から圧電変換素子 5 2 0 に近い点を選択し、この点に対応する送受信

伝播時間  $t_d$  を求めて、水 502 中での音速  $C_2$  の補正を行う。

(第 8 の実施の形態)

図 12 は、本発明の第 8 の実施形態に係る超音波検査装置の構成を説明する模式図である。同図に示すように、この超音波検査装置は、アレイセンサ 506 を受信専用として用いると共に、追加のシュー材 545 と、シュー材 545 に対してカップラント 547 を介して密着固定された送信用のアレイセンサ 546 を有している。

シュー材 545 は、水 502 内でシュー材 505 に対して被検体 503 を挟んだ位置にシュー材 505 の表面に平行になるように固定された平板構造の固体音響媒体であり、シュー材 505 と同様の材料を用いることができる。

送信用のアレイセンサ 546 には複数の圧電変換素子 540 がアレー状に配列され、アレイセンサ 506 と同様の構成である。

カップラント 547 は、シュー材 545 とアレイセンサ 546 との間  
の音響的な結合状態を向上させるための媒介であり、カップラント 507 と同様の材料を用いることができる。

以下に、第 8 の実施形態に係る超音波検査装置の動作を説明する。

送受信切替装置 508 によって、アレイセンサ 546 内の複数の圧電変換素子 540 から特定の圧電変換素子 540 が選択駆動され、選択駆動された圧電変換素子 540 から透過超音波  $U$  が送信される。透過超音波  $U$  は、シュー材 545、水 502、被検体 503 の内部を透過し、更に水 502 とシュー材 505 を介してアレイセンサ 506 で受信される。複数の圧電変換素子 520 が発生する電気信号  $E$  が送受信切替装置 508 によって選択的に検出される。画像合成装置 509 は、検出された電気信号  $E$  から被検体 503 の透過画像を合成し、表示装置 510 は合成された透過画像合成処理結果を表示する。

この結果、容器 5 0 1 外にアレイセンサ 5 0 6 を設置したままで、水 5 0 2 内の被検体 5 0 3 内部の可視化を行うことができる。

画像合成装置 5 0 9 での画像合成処理は、透過超音波 U の送受信伝播時間および振幅値に基づいて行われる。送信用の圧電変換素子 5 4 0 から受信信用の圧電変換素子 5 2 0 に至る超音波の経路中に水 5 0 2 とは異なる媒体（例えば、被検体 5 0 3 自体や欠陥 5 0 4 等の内部構造）があると、その界面（例えば、被検体 5 0 3 や欠陥 5 0 4 等の表面）で超音波が反射され受信される透過超音波 U の振幅が減少する。また、媒体内部を透過超音波 U が通過することで送受信伝播時間に変化する。このように、送信用の圧電変換素子 5 4 0 から受信信用の圧電変換素子 5 2 0 に至る超音波の経路（超音波透過経路）に対応して透過超音波 U の送受信伝播時間および振幅値を演算することで、被検体 5 0 3 内部の欠陥 5 0 4 の透過画像を合成することができる。

超音波透過経路の算出は、送信用の圧電変換素子 5 4 0 と受信信用の圧電変換素子 5 2 0 間の位置関係に基づいて行われる。超音波透過経路の算出に際して、「シュー材 5 0 5 と水 5 0 2 の界面」と「シュー材 5 4 5 と水 5 0 2 の界面」の屈折を考慮することで、より精密に超音波透過経路を計算することができる。すなわち、式（１）、（２）のスネルの式を適宜に加味する。

20

#### 産業上の利用可能性

本発明に係る超音波検査装置、超音波トランスデューサ、検査装置、超音波画像化装置は、電子デバイス製造産業、電子機器製造産業、計測機器製造産業などにおいて製造することができ、また、自動車部品製造産業や各種素材製造産業、半導体デバイス製造産業、エンジニアリング産業などにおいて使用することができる。したがって、産業上利用性を

25



有する。

## 請 求 の 範 囲

1. 基板と、前記基板上に形成された共通電極と、前記共通電極上にマトリクス状に独立して複数形成された圧電体層と、前記圧電体層上にそれぞれ形成された複数の上部電極とを有する超音波トランスデューサと、  
5 前記上部電極に接続され、前記上部電極から前記圧電体層のうち任意のものを駆動可能な駆動部と、

前記上部電極に接続され、前記駆動された圧電体層が発する超音波による照射対象からのエコーにより前記複数の圧電体層が発生する電気信号を前記複数の上部電極から検出する検出部と、  
10

前記検出された電気信号から前記照射対象の状態を可視化する処理を行なう処理部とを具備し、

前記超音波トランスデューサの前記圧電体層は、チタン酸バリウムまたはジルコン酸チタン酸鉛を有し、かつ、厚さが0.1  $\mu\text{m}$ ないし10  
15 0  $\mu\text{m}$ である

ことを特徴とする超音波検査装置。

2. 液体を収容可能な容器であって、前記収容された液体中に前記超音波トランスデューサと前記照射対象とを浸漬し得る前記容器をさらに具備することを特徴とする請求項1記載の超音波検査装置。

20 3. 前記処理部は、音響媒質と前記照射対象との界面で生じる超音波の屈折を計算することにより前記照射対象内での超音波経路を特定することを特徴とする請求項1記載の超音波検査装置。

4. 前記超音波トランスデューサの前記基板の裏面に設けられ、前記照射対象との間に挟持され得るカップラントをさらに具備することを特徴とする請求項1記載の超音波検査装置。  
25

5. 基板と、

前記基板上に形成された半導体集積回路と、  
前記基板の裏面側に形成された共通電極と、  
前記共通電極上にマトリクス状に独立して複数形成された圧電体層と、  
前記圧電体層上にそれぞれ形成された複数の上部電極とを具備し、

- 5 前記圧電体層は、チタン酸バリウムまたはジルコン酸チタン酸鉛を有し、かつ、厚さが $0.1\mu\text{m}$ ないし $100\mu\text{m}$ である

ことを特徴とする超音波トランスデューサ。

6. 針状構造を有する複数の接触端子と、

- 前記接触端子に接続され、前記接触端子のうち任意のものから駆動電  
10 圧を発生させるための駆動部と、

前記接触端子に接続され、前記発生させられた駆動電圧を原因として  
検査対象から前記接触端子に返信される電気信号を前記複数の接触端子  
から検出する検出部と、

- 前記検出された電気信号と前記任意の接触端子の位置とから前記検査  
15 対象の状態を可視化する処理を行なう処理部と

を具備することを特徴とする検査装置。

7. 請求項5記載の超音波トランスデューサと、

請求項6記載の検査装置とを備え、

- 前記超音波検査装置の前記接触端子は、前記超音波トランスデューサ  
20 の前記上部電極にそれぞれ対応して設けられていることを特徴とする超  
音波検査装置。

8. 一面を有する共通電極と、前記共通電極の一面上に形成された圧電  
体層と、前記圧電体層上に形成された上部電極とを有する超音波トラン  
スデューサと、

- 25 前記上部電極に接続され、前記上部電極から前記圧電体層を駆動可能  
な駆動部と、

前記上部電極に接続され、前記駆動された圧電体層が発する超音波による照射対象からのエコーにより前記圧電体層が発生する電気信号を前記上部電極から検出する検出部と、

前記超音波トランスデューサを前記照射対象と相対的に走査移動する

5 走査移動機構と、

前記検出された電気信号と前記走査移動された超音波トランスデューサの位置とから前記照射対象の状態を可視化する処理を行なう処理部とを具備し、

前記超音波トランスデューサの前記圧電体層は、チタン酸バリウムまたはジルコン酸チタン酸鉛を有し、かつ、厚さが0.1  $\mu\text{m}$ ないし100  $\mu\text{m}$ である

ことを特徴とする超音波検査装置。

9. 液体を収容可能な容器であって、前記収容された液体中に前記超音波トランスデューサと前記照射対象とを浸漬し得る前記容器をさらに具備することを特徴とする請求項8記載の超音波検査装置。

10. 前記共通電極は、前記形成された圧電体層との界面に界面化合物層を有することを特徴とする請求項1または8記載の超音波検査装置。

11. 前記共通電極は、前記形成された圧電体層との界面に界面化合物層を有することを特徴とする請求項5記載の超音波トランスデューサ。

20 12. レーザー光を間欠的にまたは強度変調して発生するレーザー光源と、

前記発生されたレーザー光をスポット状にして照射対象に照射する照射光学系と、

前記照射光学系を前記照射対象と相対的に走査移動する走査移動機構と、

前記照射されたレーザー光により発生された前記照射対象中の超音波

のエコーによる前記照射対象表面での振動変位を、レーザー光を用いる変位測定方法により非接触で検出し電気信号に変換する振動変位検出部と、

前記変換された電気信号と前記走査移動された照射光学系の位置とから前記照射対象の状態を可視化する処理を行なう処理部と  
5      を具備することを特徴とする超音波検査装置。

13. 前記カップラントは、シート上の固体または少量の液体からなることを特徴とする請求項4記載の超音波検査装置。

14. マトリクス状または一列状にそれぞれ配置された複数の圧電変換部を有する超音波トランスデューサと、  
10

前記複数の圧電変換部に接続され、前記複数の圧電変換部のうち任意のひとつを駆動可能な駆動素子選択部と、

前記複数の圧電変換部に接続され、前記駆動された圧電変換部が発する超音波による、音響伝播媒体を介しての検査対象からの反射エコーを受信することにより前記複数の圧電変換部が発生する電気信号を並列的に検出する信号検出回路と、  
15

前記並列的に検出された電気信号から前記検査対象の状態を画像化する処理を並列演算を用いて行なう信号処理部と、

前記処理され画像化された結果を表示する表示装置とを具備し、  
20      前記信号処理部は、

前記検査対象において画像化すべき領域をメッシュ化し前記メッシュ化された領域それぞれについて前記駆動された圧電変換部から前記複数の圧電変換部の一つへの超音波伝播時間を、前記駆動された圧電変換部と前記複数の圧電変換部の一つの前記ひとつとの組み合わせごと  
25      に格納する格納手段と、

前記格納された超音波伝播時間を用い、前記並列的に検出された電気

信号のうちのひとつの時間方向データから、前記メッシュ化された領域それぞれについて反射強度を確定する処理を、前記並列的に検出された電気信号おのおのについて互いに並列的に行なう複数の処理手段と、

前記並列に処理され確定された反射強度を前記メッシュ化された領域

5    ごとに加算する加算手段とを有する

ことを特徴とする超音波画像化装置。

1    5．前記信号処理部は、前記格納手段に代えて、前記検査対象において画像化すべき領域をメッシュ化し前記メッシュ化された領域それぞれについて、ある圧電変換部からの送側超音波伝播時間とある圧電変換部  
10    への受側超音波伝播時間とを一般化して共通に格納する第2の格納手段を有し、前記複数の処理手段は、前記格納された超音波伝播時間に代えて、前記格納された送側超音波伝播時間と前記格納された受側超音波伝播時間とを用いることを特徴とする請求項14記載の超音波画像化装置。

1    6．前記信号処理部の前記格納手段において、前記画像化すべき領域  
15    が、前記複数の圧電変換部における超音波発生指向特性を考慮して制限されたものであることを特徴とする請求項14記載の超音波画像化装置。

1    7．前記信号処理部の前記第2の格納手段において、前記画像化すべき領域が、前記複数の圧電変換部における超音波発生指向特性を考慮して制限されたものであることを特徴とする請求項15記載の超音波画像  
20    化装置。

1    8．前記信号処理部は、前記検査対象において画像化すべき領域をメッシュ化し前記メッシュ化された領域それぞれについて前記駆動された圧電変換部から前記複数の圧電変換部のうちのひとつへの超音波伝播強度特性を、前記駆動された圧電変換部と前記複数の圧電変換部のうちの  
25    前記ひとつとの組み合わせごとに格納する伝播強度特性格納手段をさらに有し、前記信号処理部の前記複数の処理手段は、前記反射強度を確定

する処理に前記格納された超音波伝播強度特性を補正のため用いることを特徴とする請求項 1 4 記載の超音波画像化装置。

- 1 9. 前記信号処理部は、前記検査対象において画像化すべき領域をメッシュ化し前記メッシュ化された領域それぞれについて、ある圧電変換部からの送側超音波伝播強度特性とある圧電変換部への受側超音波伝播強度特性とを一般化して共通に格納する伝播強度特性格納手段をさらに有し、前記信号処理部の前記複数の処理手段は、前記反射強度を確定する処理に前記格納された送側超音波伝播強度特性および受側超音波伝播強度特性を補正のため用いることを特徴とする請求項 1 5 記載の超音波画像化装置。

2 0. 前記信号処理部は、

前記格納手段に初期値としての超音波伝播時間のデータを付与するデータ付与手段と、

- 前記検査対象に対して前記付与された超音波伝播時間のデータを用い前記複数の処理手段により処理しかつ前記加算手段により加算して得られた前記メッシュ化された領域ごとの反射強度から、前記検査対象の不連続面または不連続線を検出する手段と、

前記検出された不連続面または不連続線に基づき前記格納手段の内容を再設定する手段と

- をさらに有することを特徴とする請求項 1 4 記載の超音波画像化装置。

2 1. 複数の圧電変換素子を有する圧電変換部と、

前記圧電変換部と音響的に接続された平板状の固体音響伝搬媒体と、

前記圧電変換部から圧電変換素子を選択して超音波を発生させる駆動部と、

- 前記駆動部によって選択された圧電変換素子から送信された超音波の一部が液体音響媒体中の被検体から反射されてなる反射超音波に基づき、

前記圧電変換部の圧電変換素子から発生した電気信号を検出する検出部と、

前記検出部で検出された電気信号に基づき、前記被検体の内部状態を表す画像を生成する画像生成部と、

- 5 前記画像生成部で生成された画像を表示する表示部と、  
を具備することを特徴とする超音波検査装置。

2 2 . 前記固体音響伝搬媒体が貫通する開口部を有し、内部に前記被検体を収容すると共に、前記液体音響媒体を蓄積する容器  
をさらに具備することを特徴とする請求項 2 1 記載の超音波検査装置。

- 10 2 3 . 前記固体音響伝搬媒体と外表面が音響的に接続され、かつ内部に前記被検体を収容すると共に、前記液体音響媒体を蓄積する容器をさらに具備することを特徴とする請求項 2 1 記載の超音波検査装置。

2 4 . 前記圧電変換部から送信された超音波が、前記被検体の表面で反射されて該圧電変換部に受信されるまでの超音波伝搬時間に基づいて、

- 15 前記液体音響媒体中の音速を補正する音速補正部と、をさらに具備することを特徴とする請求項 2 1 記載の超音波検査装置。

2 5 . 前記圧電変換部から送信された超音波の一部を反射して、前記被検体に照射する反射部、をさらに具備することを特徴とする請求項 2 1 記載の超音波検査装置。

- 20 2 6 . 複数の圧電変換素子を有する第 1 の圧電変換部と、

前記圧電変換部と音響的に接続された第 1 の固体音響伝搬媒体と、

前記第 1 の圧電変換部から圧電変換素子を選択して超音波を発生させる駆動部と、

前記第 1 の固体音響伝搬媒体と対向して配置された第 2 の固体音響伝

- 25 搬媒体と、

前記第 2 の固体音響伝搬媒体と音響的に接続され、複数の圧電変換素



子を有する第 2 の圧電変換部と、

前記第 2 の圧電変換部で発生した電気信号を検出する検出部と、

前記検出部で検出された電気信号に基づき、画像を生成する画像生成部と、

- 5 前記画像生成部で生成された画像を表示する表示部と、  
を具備することを特徴とする超音波検査装置。

FIG. 1

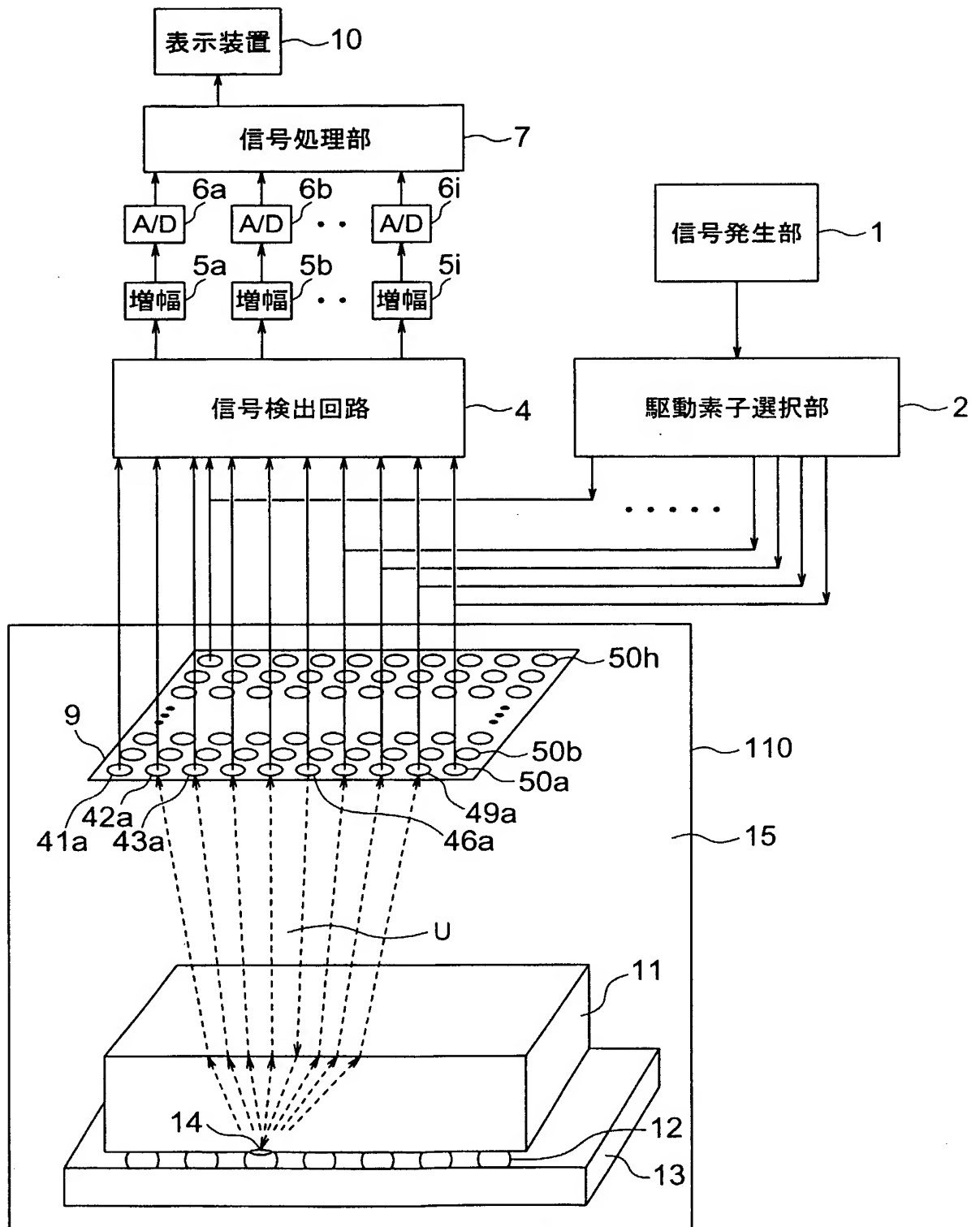


FIG. 2

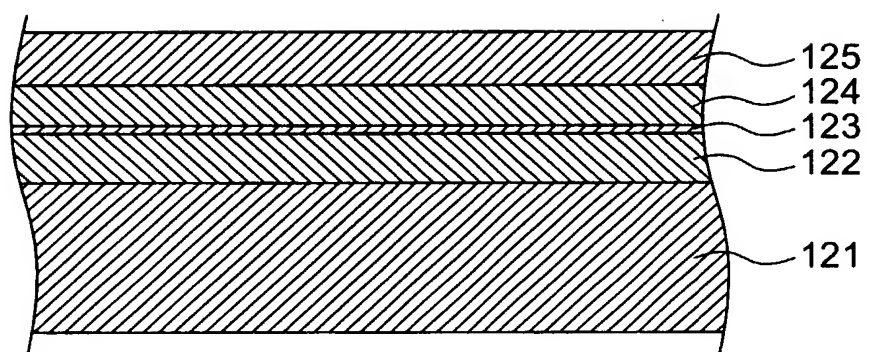


FIG. 3

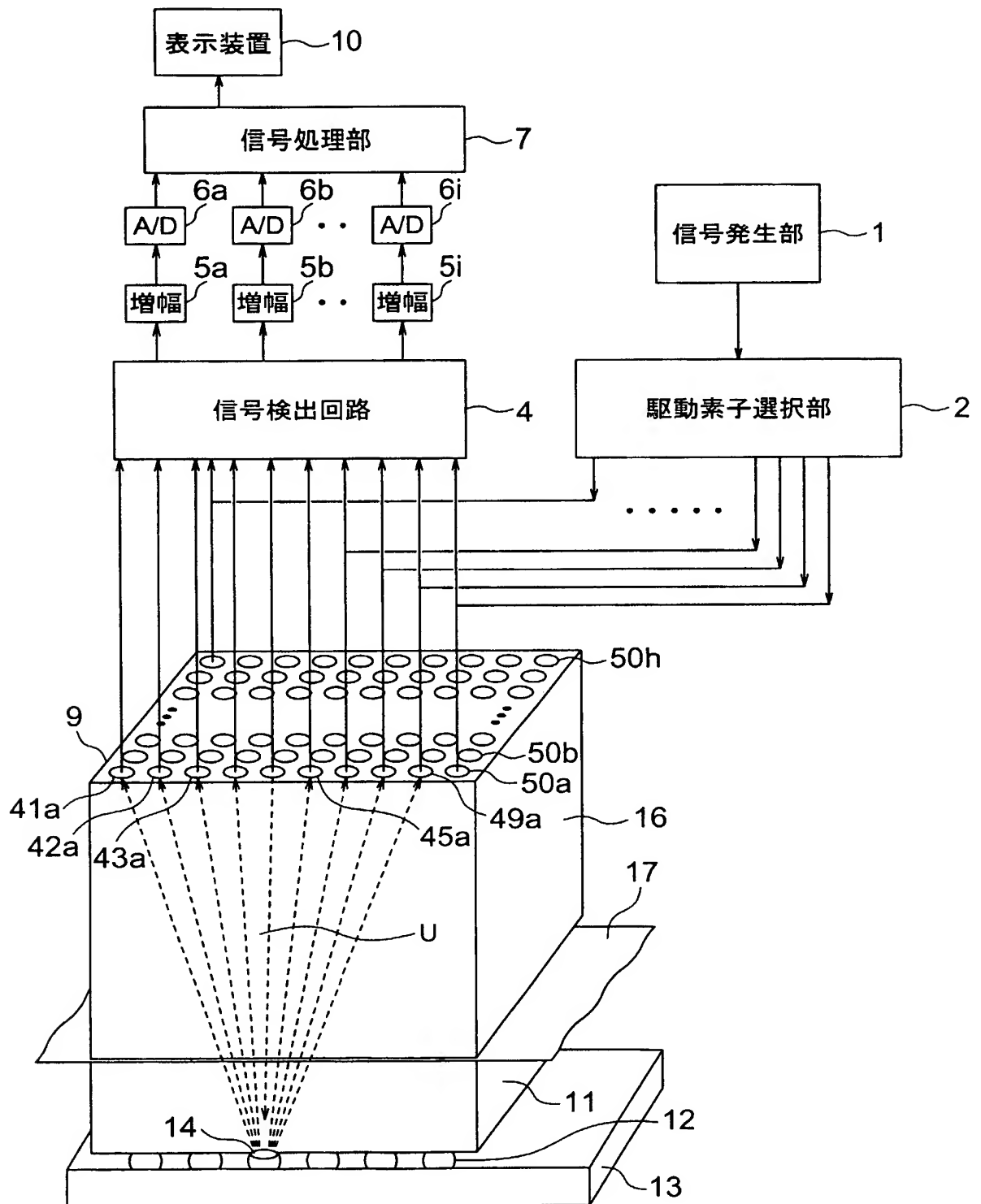


FIG. 4

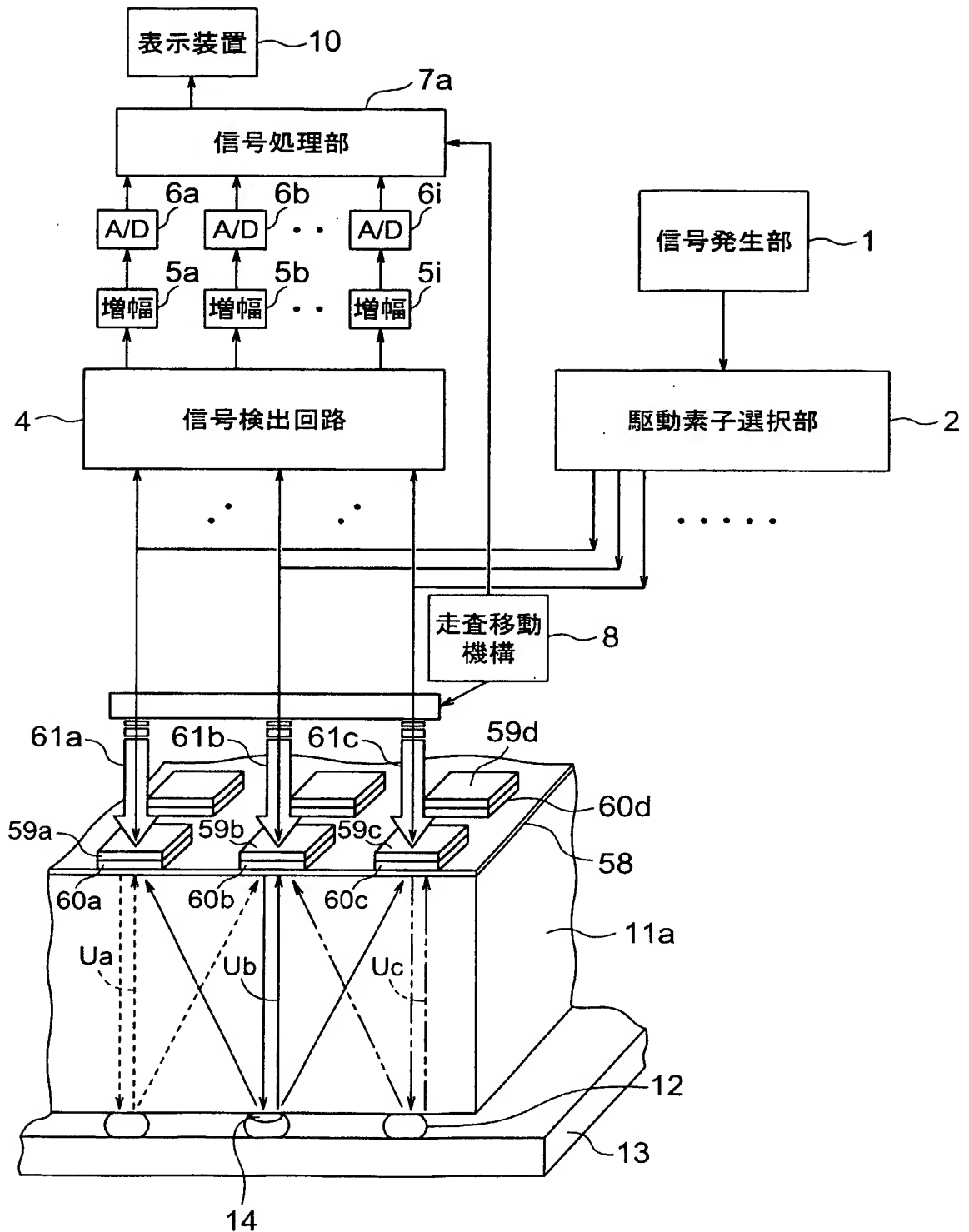


FIG. 5

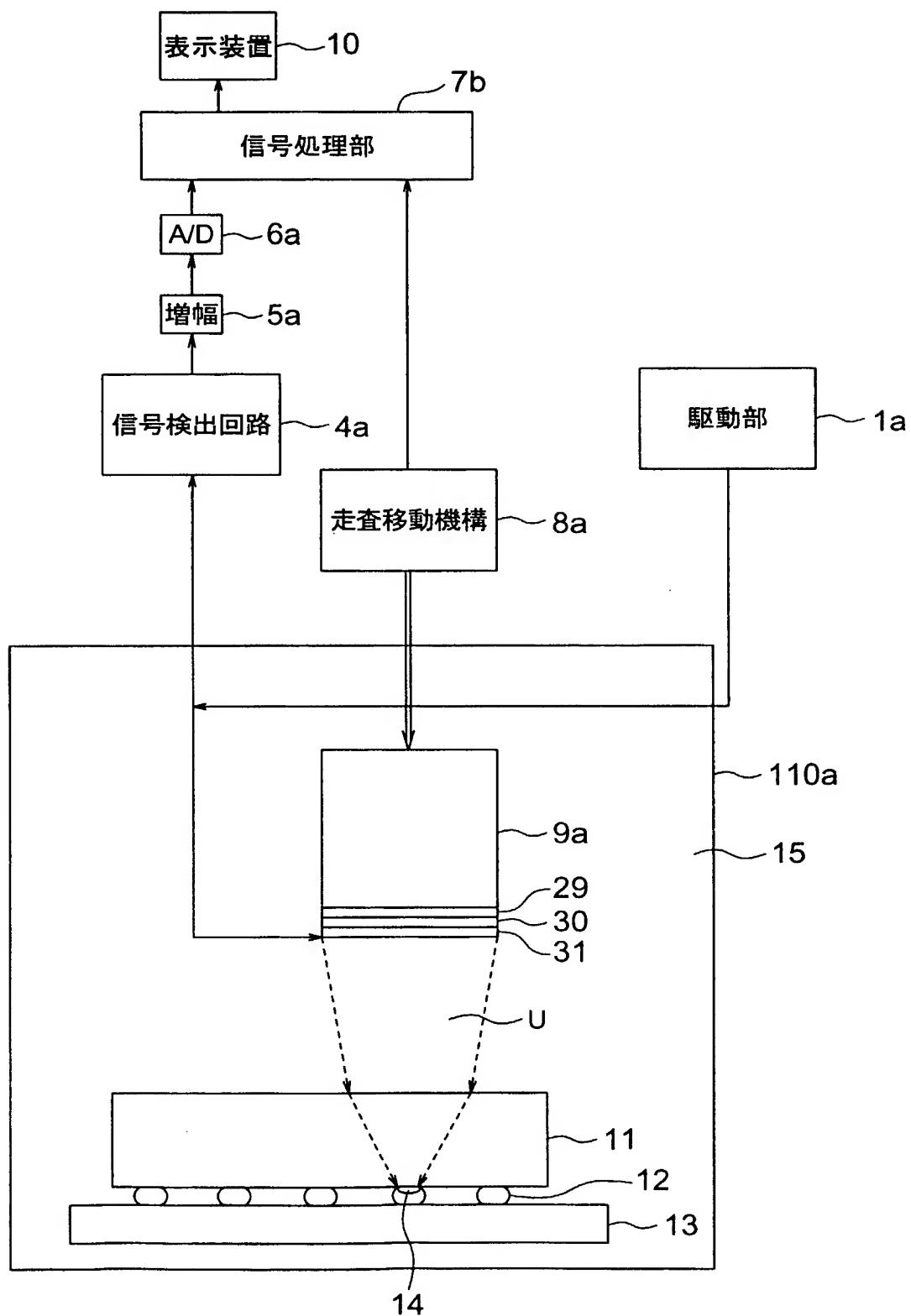


FIG. 6

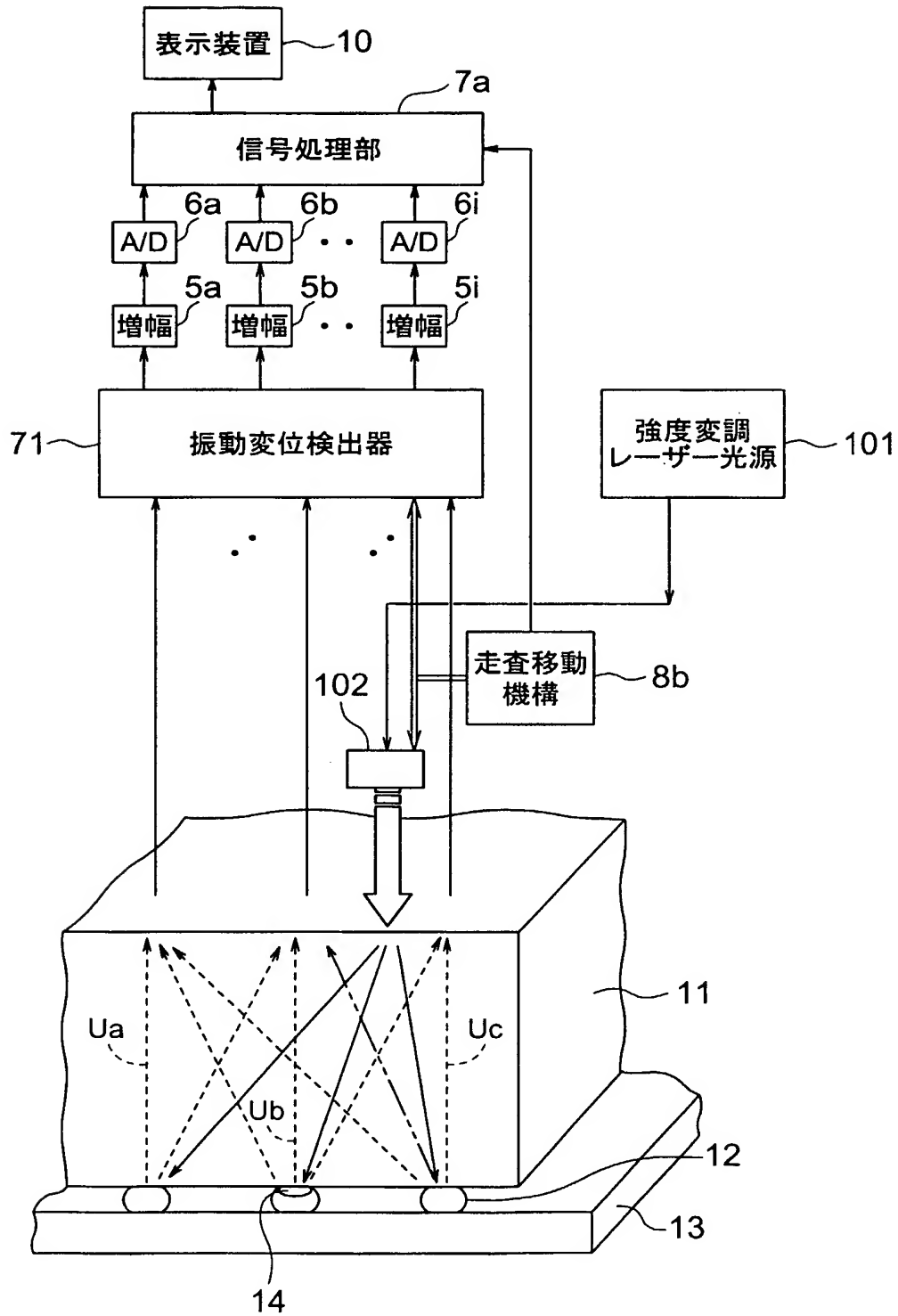


FIG. 7

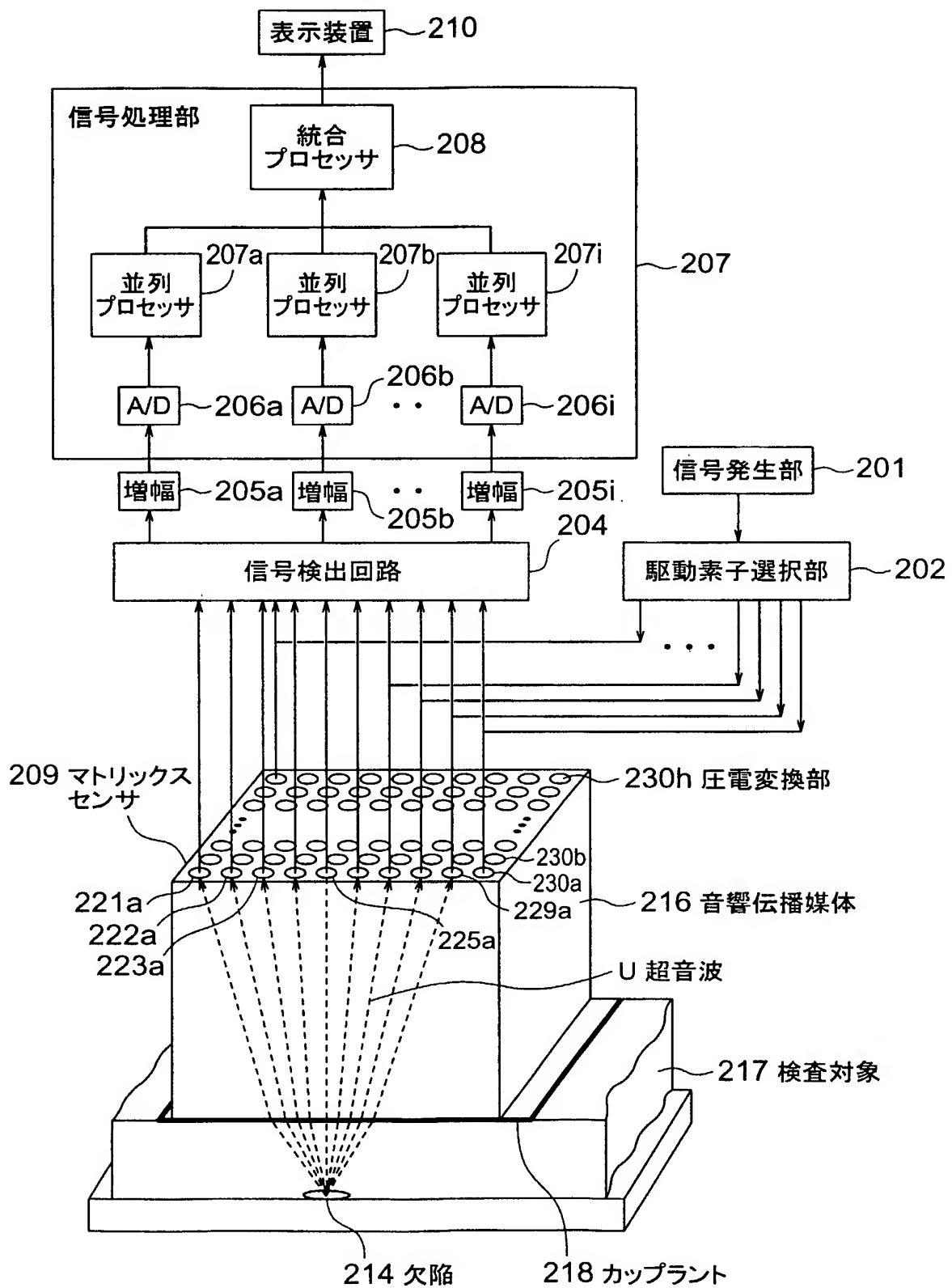




FIG. 8

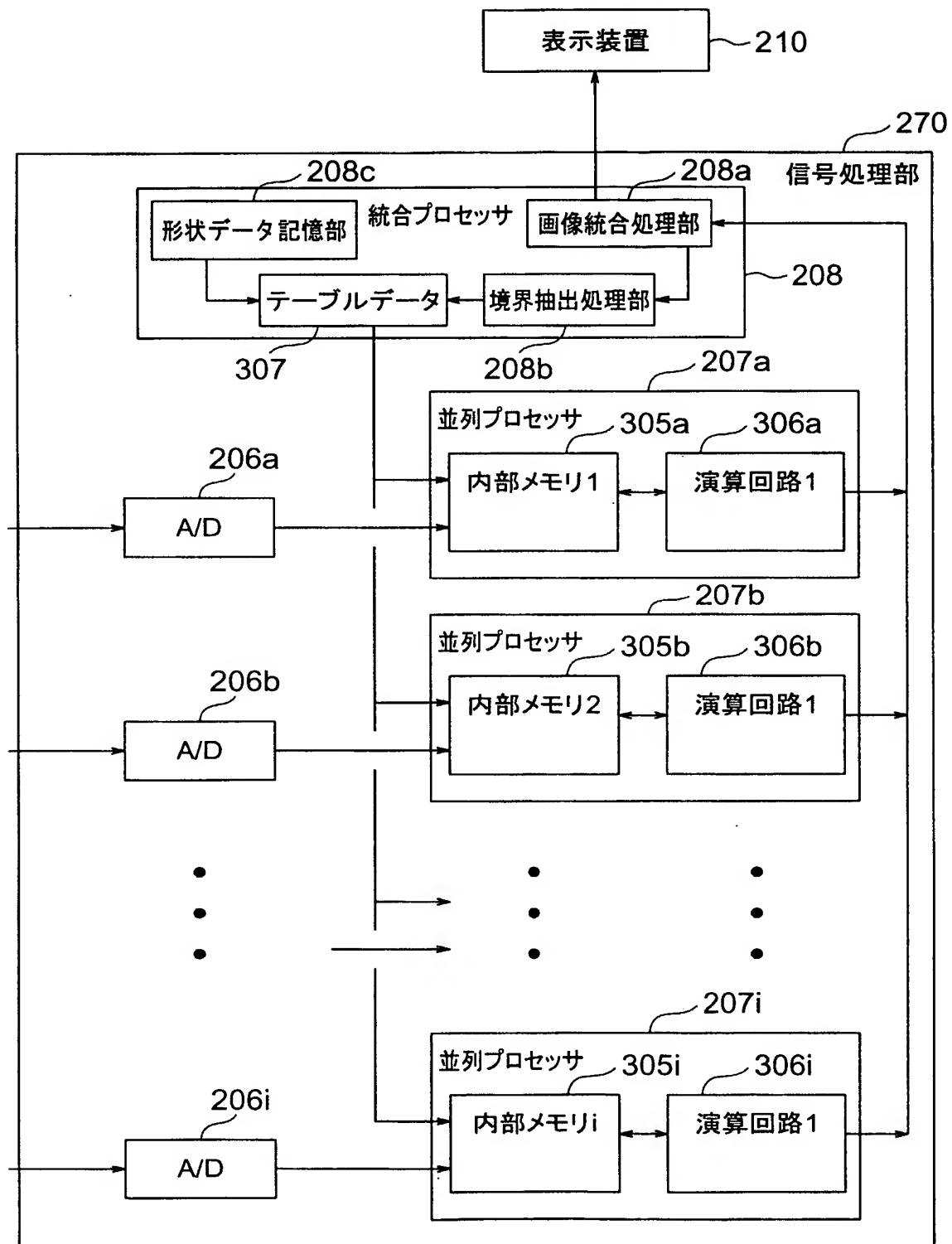


FIG. 9

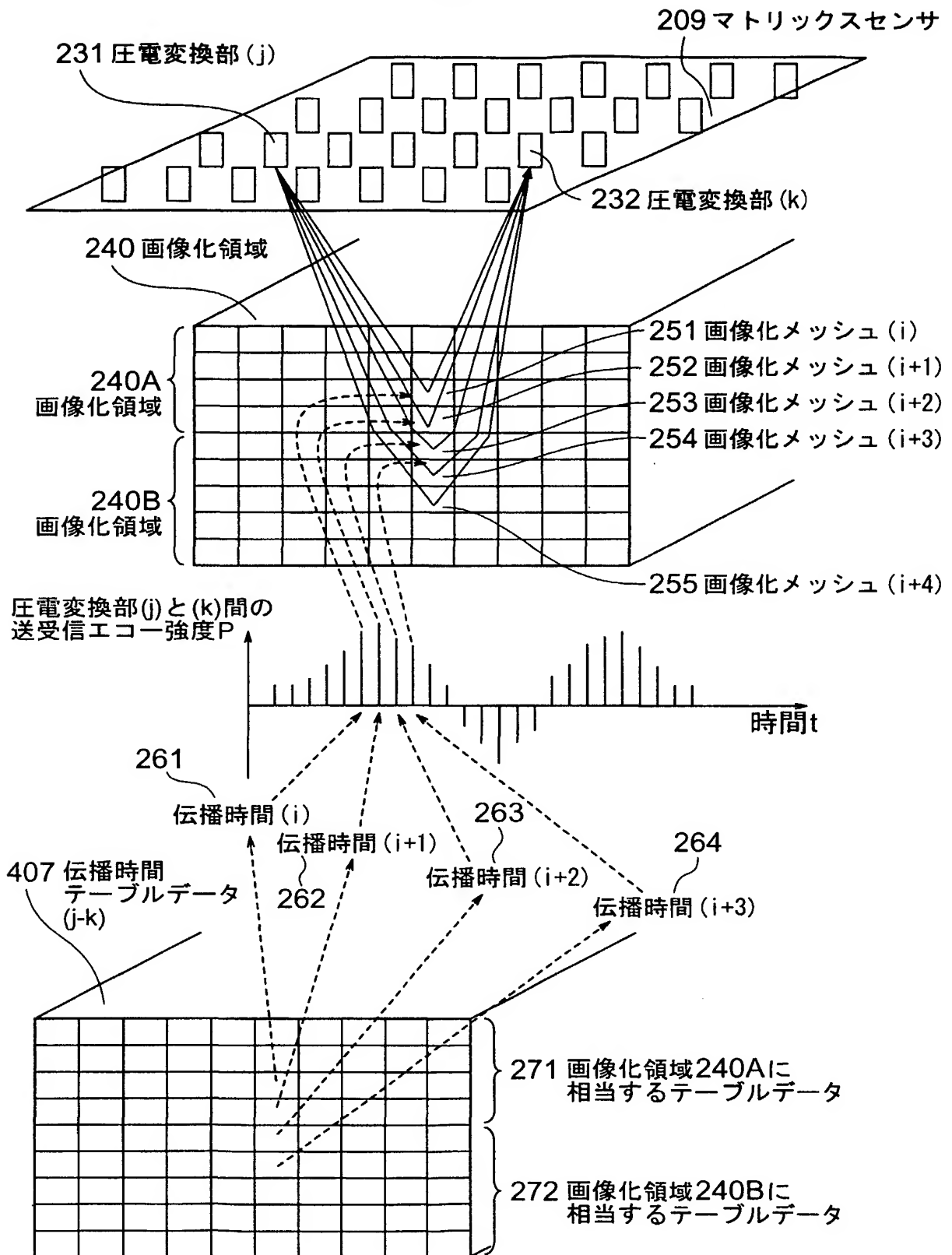


FIG. 10

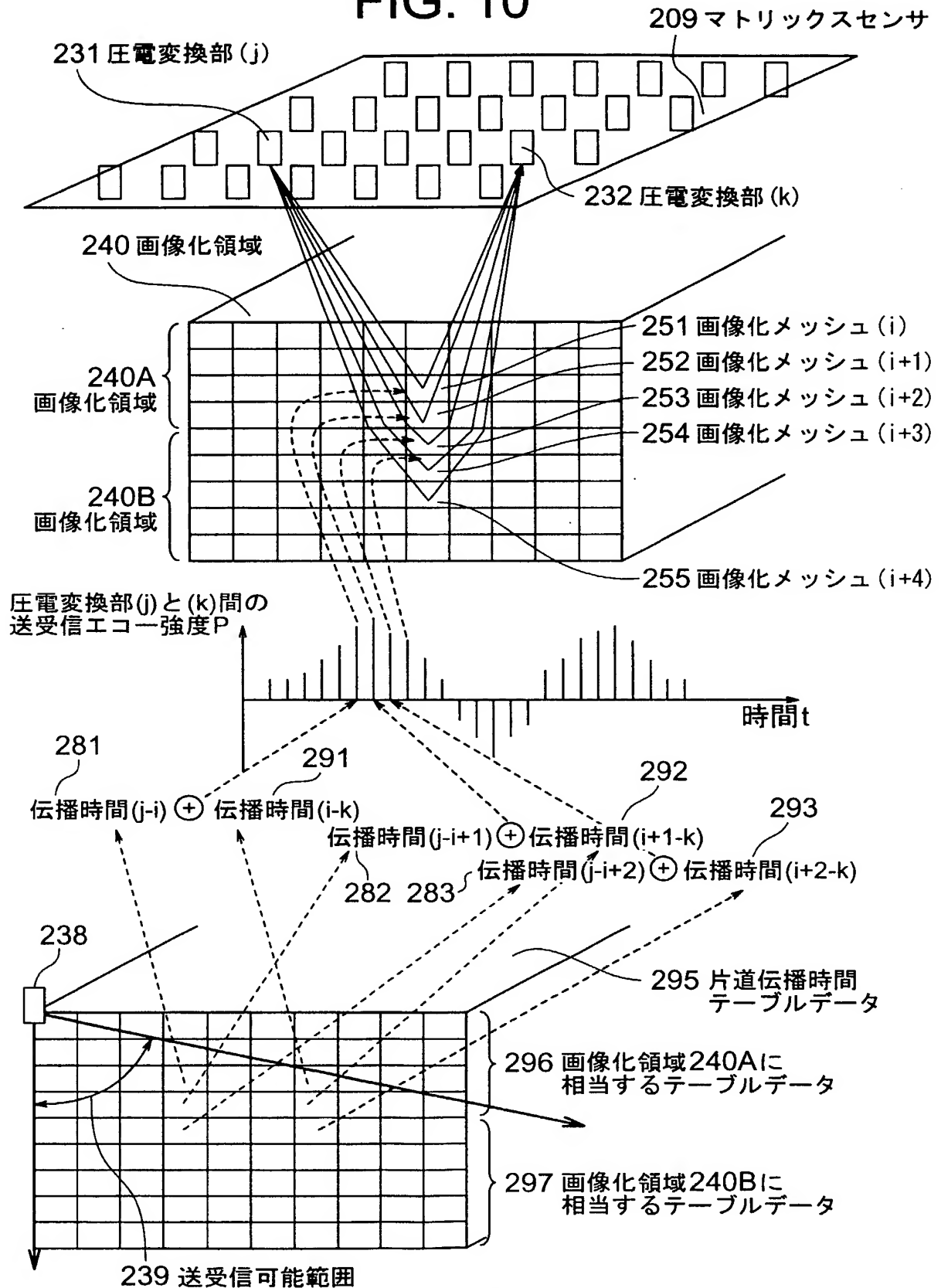


FIG. 11

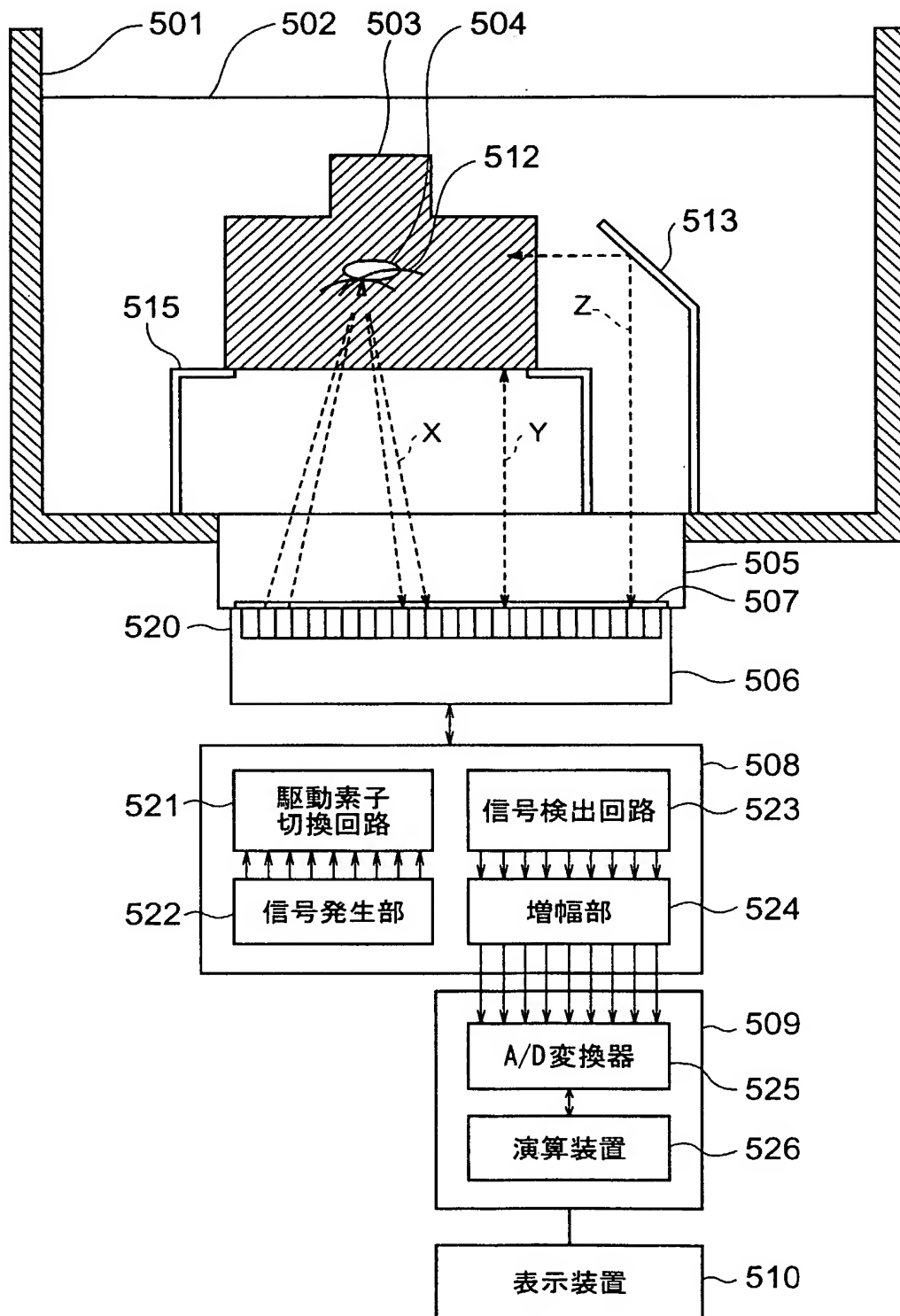
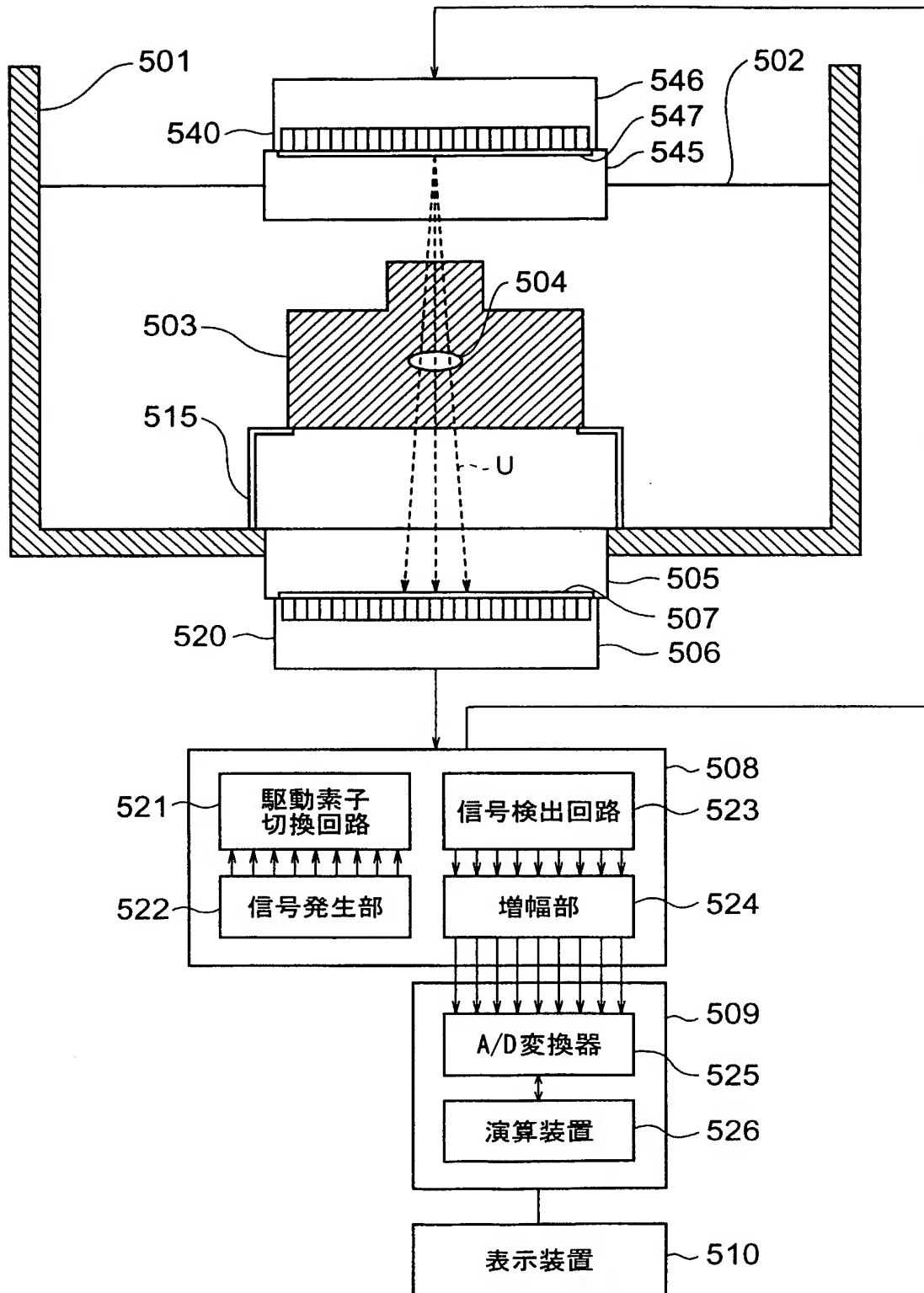


FIG. 12



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/11868

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl.<sup>7</sup> G01N29/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> G01N29/00-29/28, H04R17/00-17/10, A61B8/00-8/15

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2003 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2003 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2003 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                      | Relevant to claim No.     |
|-----------|---|---------------------------|
| Y         | JP 2000-28589 A (Toshiba Corp.),<br>28 January, 2000 (28.01.00),<br>Full text; Figs. 1 to 10<br>(Family: none)          | 1-5, 10, 11,<br>13, 21-25 |
| Y         | JP 61-86651 A (Hitachi, Ltd.),<br>02 May, 1986 (02.05.86),<br>Full text; Figs. 1 to 11<br>(Family: none)                | 1-5, 10, 11,<br>13, 21-25 |
| Y         | JP 4-232425 A (Siemens AG.),<br>20 august, 1992 (20.08.92),<br>Full text; Figs. 1 to 5<br>& EP 462311 A1 & US 5164920 A | 1-5, 8-11                 |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

|   |  |
|---|--|
| * Special categories of cited documents:  | "I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to  |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  | understand the principle or theory underlying the invention  |
| "E" earlier document but published on or after the international filing date  | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone   |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  | "&" document member of the same patent family  |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed  |  |

Date of the actual completion of the international search  
20 February, 2003 (20.02.03)

Date of mailing of the international search report  
04 March, 2003 (04.03.03)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/11868

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| Y         | JP 7-46694 A (Olympus Optical Co., Ltd.),<br>14 February, 1995 (14.02.95),<br>Full text; Figs. 1 to 5<br>(Family: none)                        | 1-5, 8-11             |
| Y         | JP 2001-255310 A (Babcock-Hitachi Kabushiki Kaisha),<br>21 September, 2001 (21.09.01),<br>Full text; Figs. 1 to 3<br>(Family: none)            | 4, 13                 |
| X         | JP 4-12452 Y2 (Babcock-Hitachi Kabushiki Kaisha),<br>25 March, 1992 (25.03.92),<br>Full text; Figs. 1 to 6<br>(Family: none)                   | 6                     |
| Y         | JP 11-271285 A (Sekisui Chemical Co., Ltd.),<br>05 October, 1999 (15.10.99),<br>Full text; Figs. 1 to 11<br>(Family: none)                     | 8-10                  |
| Y         | JP 2001-298795 A (Toshiba Corp.),<br>26 October, 2001 (26.10.01),<br>Full text; Figs. 1 to 14<br>& US 2001/0041837 A1                          | 10, 11                |
| X         | JP 5-1988 A (Hitachi, Ltd.),<br>08 January, 1993 (08.01.93),<br>Full text; Figs. 1 to 18<br>& US 5377006 A                                     | 12                    |
| Y         | JP 54-143194 A (Hitachi, Ltd.),<br>08 November, 1979 (08.11.79),<br>Full text; Figs. 1 to 14<br>(Family: none)                                 | 21-26                 |
| Y         | JP 54-18179 A (New York Institute of Technology),<br>09 February, 1979 (09.02.79),<br>Full text; Figs. 1 to 5<br>& EP 0000067 A & US 4317370 A | 25                    |
| Y         | JP 55-14066 A (Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd.),<br>31 January, 1980 (31.01.80),<br>Full text; Figs. 1 to 4<br>(Family: none)                | 26                    |
|           |  |                       |
|           |  |                       |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/11868

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Claims 1-5, 7-11, 13 are directed to an ultrasonic transducer itself, having a specific piezoelectric layer or an ultrasonograph comprising the ultrasonic transducer.

Claim 6 is directed to an examining instrument having a contact tip of a needle structure.

Claim 12 is directed to an ultrasonograph for sensing vibration by irradiation with a laser beam.

Claims 14-20 are directed to an ultrasonographing device having a specific signal processing unit.

(continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest** ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP02/11868

Continuation of Box No.II of continuation of first sheet(1)

Claims 21-26 are directed to an ultrasonograph comprising a solid sound propagating medium acoustically coupled to a piezoelectric transducing unit having piezoelectric transducers

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01N 29/24

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01N 29/00 - 29/28, H04R 17/00 - 17/10  
A61B 8/00 - 8/15

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |            |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報   | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2003年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2003年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2003年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示   | 関連する<br>請求の範囲の番号          |
|-----------------|---|---------------------------|
| Y               | J P 2000-28589 A (株式会社東芝)<br>2000.01.28, 全文, 第1-10図 (ファミリーなし)                                 | 1-5, 10, 11,<br>13, 21-25 |
| Y               | J P 61-86651 A (株式会社日立製作所)<br>1986.05.02, 全文, 第1-11図 (ファミリーなし)                                | 1-5, 10, 11,<br>13, 21-25 |
| Y               | J P 4-232425 A (シーメンス アクチエンゲゼルシャフト)<br>1992.08.20, 全文, 第1-5図<br>& EP 462311 A1 & US 5164920 A | 1-5, 8-11                 |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

20.02.03

国際調査報告の発送日

04.03.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号 100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

鈴木 俊光



2W

9115

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |  |                  |
|-----------------------|--|------------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示  | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
| Y                     | J P 7-46694 A (オリンパス光学工業株式会社)<br>1995. 02. 14, 全文, 第1-5図 (ファミリーなし)                                       | 1-5, 8-11        |
| Y                     | J P 2001-255310 A (バブコック日立株式会社)<br>2001. 09. 21, 全文, 第1-3図 (ファミリーなし)                                     | 4, 13            |
| X                     | J P 4-12452 Y2 (バブコック日立株式会社)<br>1992. 03. 25, 全文, 第1-6図 (ファミリーなし)  | 6                |
| Y                     | J P 11-271285 A (積水化学工業株式会社)<br>1999. 10. 05, 全文, 第1-11図 (ファミリーなし)                                       | 8-10             |
| Y                     | J P 2001-298795 A (株式会社東芝)<br>2001. 10. 26, 全文, 第1-14図<br>& US 2001/0041837 A1                           | 10, 11           |
| X                     | J P 5-1988 A (株式会社日立製作所)<br>1993. 01. 08, 全文, 第1-18図<br>& US 5377006 A                                   | 12               |
| Y                     | J P 54-143194 A (株式会社日立製作所)<br>1979. 11. 08, 全文, 第1-14図 (ファミリーなし)  | 21-26            |
| Y                     | J P 54-18179 A (ニューヨーク・インスティテュート<br>・オブ・テクノロジー) 1979. 02. 09, 全文, 第1-5図<br>& EP 0000067 A & US 4317370 A | 25               |
| Y                     | J P 55-14066 A (東京芝浦電気株式会社)<br>1980. 01. 31, 全文, 第1-4図 (ファミリーなし)   | 26               |

## 第Ⅰ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT 17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第Ⅱ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-5, 7-11, 13は、特定の圧電体層を有する超音波トランスデューサそれ自体またはこの超音波トランスデューサを備えた超音波検査装置に関するものである。

請求の範囲6は、針状構造の接触端子を有する検査装置に関するものである。

請求の範囲12は、レーザー光を照射して振動を検出する超音波検査装置に関するものである。

請求の範囲14-20は、特定の信号処理部を有する超音波画像化装置に関するものである。

請求の範囲21-26は、複数の圧電変換素子を有する圧電変換部と音響的に接続された固体音響伝搬媒体を有する超音波検査装置に関するものである。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。